

Marina Juliana Batista Barwinski

**ARCABOUÇO JURÍDICO E TECNOLOGIA PARA
COMPOSTAGEM DE RESÍDUO DE ABATEDOURO**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Agroecossistemas,
Centro de Ciências Agrárias, da
Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do Grau de
Mestre em Agroecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Giorgini
Augusto Venturieri

Coorientador Prof. Dr. Paul Richard
Momsen Miller

FLORIANÓPOLIS
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Barwinski, Marina Juliana Batista

Arcabouço jurídico e tecnologia para compostagem de
resíduo de abatedouro / Marina Juliana Batista Barwinski ;
orientador, Giorgini Augusto Venturieri ; coorientador,
Paul Richard Momsen Miller. - Florianópolis, SC, 2015.
146 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-
Graduação em Agroecossistemas.

Inclui referências

1. Agroecossistemas. 2. Compostagem orgânica. 3. Resíduo
de abatedouro. 4. Legislação. 5. Inoculante. I. Venturieri,
Giorgini Augusto. II. Miller, Paul Richard Momsen. III.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-
Graduação em Agroecossistemas. IV. Título.

Marina Juliana Batista Barwinski

ARCABOUÇO JURÍDICO E TECNOLOGIA PARA
COMPOSTAGEM DE RESÍDUO DE ABATEDOURO

**Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de
“Mestre em Agroecossistemas” e aprovada em sua forma final pelo
Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.**

Florianópolis, _____ de _____ de 2014.

Prof. Dr. Ademir Antônio Cazella (Coordenador do Curso)

Banca examinadora:

Prof. PhD. Giorgini Augusto Venturieri (Presidente/Orientador)

Prof. Dr. Fabiano Dahlke (Titular/UFSC)

Prof. Dr. Luis Ivan Martinhão Souto (Externo/IFC-CAM)

Prof. Dr. Luiz Álvaro Monteiro Júnior (Externo/IFC-CAM)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Prof. Dr.Giorgini Augusto Venturieri pela orientação, tanto na parte prática, como na teórica.

Ao Prof. Dr. Paul Richard Momsen Miller pela co-orientação no decorrer do projeto, sempre muito prestativo.

Ao Dr. Anselmo Veras, por toda atenção e a ajuda para o desenvolvimento do tema.

A todos do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, em especial à Marlene, Servidora Técnica, profissional exemplar e de admirável presteza.

A todos do meu ambiente de trabalho, Instituto Federal Catarinense - Campus Camboriú (IFC-CAM), que me ajudaram e incentivaram neste percurso.

Em especial aos Diretores do IFC-CAM Augusto Servelin e Rogério Luís Kerber, por ceder o espaço físico e os materiais necessários para o desenvolvimento da parte prática. Aos professores Marcos Hennig, Luiz Álvaro Monteiro Júnior, Luis Ivan Martinhão Souto, Jaime Sandro Dallago, José Daniel Cazale e Cristalina Yoshie Yoshimura. Aos Técnicos Jessica Motta, Indianara Dallago, Lairton Luiz Rozza, Mateus de Souza, Catrine de Souza, aos servidores terceirizados do Setor de Abatedouro e aos alunos que participaram da parte prática.

Agradeço também ao meu marido, Hamilton Barwinski Júnior, e à Grande Família Silva Pinto Neves Barwinski, que me ajudaram diretamente na parte prática e teórica, todos sempre me incentivando nos estudos e disponibilizando um ambiente tranquilo para o desenvolvimento deste.

Aos meus pais, James Josué Batista e Janete Doris Batista, por todo sacrifício que fizeram para eu chegar até aqui.

RESUMO

O mercado consumidor de carne aumenta a cada ano, e com ele o número de animais abatidos. Porém, muitos não se dão conta do volume de material não comestível gerado com o aumento destes abates. Políticas públicas vêm sendo implementadas para a gestão de resíduos sólidos de uma forma ambientalmente correta. Os municípios estão sendo cobrados e, no caso dos abatedouros, uma das alternativas é a compostagem. A compostagem é uma destinação economicamente viável porque os resíduos são transformados em nutrientes para as plantas. O projeto objetivou: a) Fazer levantamento da legislação brasileira e demais países sobre compostagem orgânica e, através de análise integrativa, fazer um levantamento das tecnologias disponíveis sobre o assunto. b) Formular um inoculante composto por três espécies de microrganismos que, segundo a revisão bibliográfica, seriam adequados para melhorar a compostagem orgânica. c) Verificar se os microrganismos destinados a formar o inoculante já estavam presentes no ambiente de compostagem. d) Comparar os processos de compostagem com e sem a aplicação do inoculante formulado quanto: à eficiência do processo de compostagem e, no melhoramento do odor do produto final. Foi desenvolvido um consórcio dos microrganismos *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis* e *Rhodopseudomonas palustris* para utilização como inoculante para processo de compostagem. Tais microrganismos já estavam presentes no ambiente de compostagem. Sobre as legislações estudadas, concluiu-se que há a necessidade de aprimoramento da norma jurídica quanto aos limites aceitáveis de contaminantes, principalmente o cromo, e infraestrutura básica para realização do processo. Há a necessidade de revisar o Art. 325 do Decreto 30.691 de 1952, a única norma jurídica que especifica diretamente a metodologia de uso de subproduto animal não comestível (vísceras) como fertilizante. No Brasil e no âmbito internacional, a compostagem de resíduo de abatedouro também carece de estudos tecnológicos e de uniformização dos limites ambientalmente toleráveis para os contaminantes. O inoculante foi eficiente no processo, porém com desempenho diferente nos períodos frio e quente do ano tanto na composição química como no processo e eliminação de odores. Quanto a composição química, de todos os valores obtidos de cada processo, o N e a relação C/N estiveram em conformidade com a norma jurídica SDA/MAPA - IN nº 25/2009, com exceção da compostagem de resíduo de abate de ave sem inoculante do período frio. Ajustes no processo são necessários para enquadrar às demais especificações. A decomposição

dos resíduos mais resistentes (gordura nos resíduos suíno, conteúdo ruminal nos resíduos bovinos e penas nos resíduos de ave) foi acelerada com o uso do inoculante. O uso do inoculante reduziu o odor de mofo, no resíduo de abate de suíno, de amônia no caso do resíduo bovino, e de estrume, no caso do resíduo de ave.

Palavras-chave: Compostagem, resíduo, abatedouro, inoculante, bovino, suíno, ave.

ABSTRACT

The consumer market for meat increases every year, and with it the number of animals slaughtered. But many do not realize the inedible material volume generated with the increase of these slaughters. Public policies have been implemented for the management of solid waste in an environmentally sound manner. Municipalities are being charged and, in the case of slaughterhouses, one of the alternatives is composting. It is an economical waste disposal because it is transformed into plant nutrients. The project aimed to: a) To survey of Brazilian legislation and other countries on organic composting and through integrative analysis to survey the technologies available on the subject. b) Make an inoculant comprising three microorganisms, according to the literature review, would be appropriate to improve the organic composting. c) Verify that the microorganisms intended to form the inoculant were already present in the composting environment. d) Comparing the composting process with and without the application of inoculant formulated as: the efficiency of the composting process and the improvement of the odor of the final product. On legislation studied, it was concluded that there is a need to improve the rule of law as the acceptable limits of contaminants, mainly chromium, and basic infrastructure for carrying out the process. There is a need to review the Art. 325 of Decree 30 691 1952, the only legal standard that specifies directly the use of methodology of inedible animal by-product (viscera) as fertilizer. In Brazil and internationally, the slaughterhouse waste composting also lacks technological studies and standardized environmentally tolerable limits for contaminants. A consortium of microorganisms *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis* and *Rhodopseudomonas palustris* for use as inoculant for composting process was developed. Such microorganisms already present in the composting environment. The inoculant was efficient in the process, but with different performance in cold and warm periods of the year for both the chemical composition and the process and eliminating odors. The chemical composition of all values obtained from each process, the N and C/N ratio were in accordance with the legal standard SDA / MAPA - IN n° 25/2009, except for poultry slaughter waste composting without inoculant cold period. Process adjustments are needed to frame the other specifications. The decomposition of the most resistant waste (fat in the pig waste, rumen contents in cattle waste and feathers in bird waste) was accelerated with the use of inoculant. The use of inoculants reduced the musty odor in the residue of pig slaughter of ammonia in the case of

cattle waste, and manure in the case of poultry waste.

Keywords: Composting, waste, slaughterhouse, inoculant, cattle, pig, poultry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Classificação de odores (EPSTEIN, 2011).	.....44
Figura 1.2 – Classificação de odores (MCGINLEY e MCGINLEY, 2002).	.....45
Figura 3.1 - Sequência de montagem de uma leira estática com aeração passiva para compostagem de resíduo de abatedouro, usando folhas e aparas de grama como material estruturante, e composto semi-maduro como inoculante inicial.	.....64
Figura 3.2 - Resíduos de abate em leira de compostagem, sendo: (a) resíduo de abate de aves; (b) resíduo de abate de bovino; (c) resíduo de abate de suíno.	.....64
Figura 3.3 - Temperaturas internas e externas nas leiras de compostagem com resíduo de abate de bovino.	.....66
Figura 3.4 - Temperaturas internas e externas nas leiras de compostagem com resíduo de abate de suíno.	.....66
Figura 3.5 - Temperaturas internas e externas nas leiras de compostagem com resíduo de abate de ave.	.....67
Figura 3.6 - Perda acumulada das temperaturas internas nas leiras de compostagem com resíduos de abate de suínos, bovinos e de aves calculadas segundo o modelo de Kaplan- Meier.	.....67
Figura 3.7 - Avaliação morfológica dos microrganismos com uso de microscópio e coloração de GRAM. (a) <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ; (b) <i>Bacillus subtilis</i> ; (c) <i>Rhodopseudomonas palustris</i>.	.....74
Figura 3.8 - Sequência de montagem de uma leira estática, com aeração passiva, para a compostagem de resíduo de abatedouro, tendo como material estruturante palha e cama de aviário.	.....77
Figura 3.9 – Temperaturas internas e externas nas leiras de compostagem com resíduo de abate suíno iniciadas em 22/10/2013, ou seja, dentro do período mais quente do ano.	.....79
Figura 3.10 – Temperaturas internas e externas nas leiras de compostagem com resíduo de abate suíno iniciadas em 17/06/2014, ou seja, dentro do período	.....80

mais frio do ano

Figura 3.11 – Resultado de análise química de composto orgânico oriundo de resíduo de abate suíno, com e sem inoculante, no período mais quente e mais frio do ano.82

Figura 3.12 – Temperaturas internas e externas nas leiras de compostagem com resíduo de abate de bovino iniciadas em 07/11/2013, ou seja, dentro do período mais quente do ano.85

Figura 3.13 – Temperaturas internas e externas nas leiras de compostagem com resíduo de abate de bovino iniciadas em 03/06/2014, ou seja, dentro do período mais frio do ano.85

Figura 3.14 - Dados de análise química de composto orgânico oriundo de resíduo de abate bovino, com e sem inoculante, iniciados no período mais quente e no período mais frio do ano.87

Figura 3.15 – Temperaturas internas e externas nas leiras de compostagem com resíduo de abate de aves iniciadas em 13/11/2013, ou seja, dentro do período mais quente do ano.90

Figura 3.16 – Temperaturas internas e externas nas leiras de compostagem com resíduo de abate de aves iniciadas em 27/05/2014, ou seja, dentro do período mais frio do ano.90

Figura 3.17 – Dados de análise química do composto orgânico oriundo de resíduo de abate de ave, com e sem inoculante, em duas estações do ano.92

Figura 3.18 - Média de dias para que 50% de queda da temperatura máxima, para os fatores presença e ausência de inoculante, para compostagem de resíduo de abate de suíno, de bovino e de ave, nos períodos quente e frio. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.95

Figura 3.19 - Média de dias para que 50% de queda da temperatura, para os períodos quente e frio, para compostagem de resíduo de abate de suíno, de bovino e de ave. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.96

Figura 3.20 - Média de dias para 50% de queda da temperatura para compostagem de resíduo de abate de97

suíno, de bovino e de ave, com e sem inoculante, períodos quente e frio. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.	
Figura 3.21 - Média de dias para 50% de queda da temperatura para os períodos quente e frio, na presença e ausência de inoculante para compostagem de resíduo de abate de suíno, de bovino e de ave. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.	.....98
Figura 3.22 - Média de dias para 50% de queda da temperatura para compostagem de resíduo de abate de suíno, de bovino e de ave na presença e ausência de inoculante. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.	.....99
Figura 3.23 - Média de dias para que 50% de queda da temperatura máxima para compostagem de resíduo de abate suíno, bovino e ave nos períodos quente e frio. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.	.....100
Figura 3.24 - Média de dias para 50% de queda da temperatura para compostagem de resíduo de abate de suíno, de bovino e de ave na presença e ausência de inoculante, nos períodos quente e frio. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.	.....101
Figura 4.1 - Análise sensorial de amostras de composto orgânico de resíduo de abate bovino, suíno e de ave, com e sem inoculante, dos períodos quente e frio: a) Amostra de composto orgânico identificada por fita colorida; b) Disposição das amostras na sala para a análise sensorial.	.....104
Figura 4.2 – Quantificação dos principais odores identificados nas leiras de compostagem de resíduo de suínos. a) no período quente e frio do ano; b) com e sem a aplicação do inoculante.	.....106
Figura 4.3 – Quantificação do odor de terra em compostagem de resíduo de abate suíno em relação à presença ou ausência de inoculante (as barras verticais indicam um intervalo de confiança de 0,95).	.....107
Figura 4.4 – Quantificação do odor de terra em compostagem de resíduo de abate suíno com e sem inoculo em relação ao período de repetição do	.....108

experimento (as barras verticais indicam um intervalo de confiança de 0,95).

Figura 4.5 – Quantificação do odor de mofo em compostagem de resíduo de abate suíno com e sem inoculante em relação ao período do ano. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.109

Figura 4.6 – Quantificação do odor de turfa em compostagem de resíduo de abate suíno com e sem inoculante em relação ao período do ano. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.110

Figura 4.7 – Quantificação dos principais odores identificados nas leiras de compostagem de resíduo de abate bovino. a) no período quente e frio do ano; b) com e sem a aplicação do inoculante.111

Figura 4.8 – Quantificação do odor de grama em compostagem de resíduo de abate bovino em relação à presença ou ausência de inoculante. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.112

Figura 4.9 – Quantificação do odor de terra em compostagem de resíduo de abate bovino com e sem inoculante em relação ao período do ano. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.113

Figura 4.10 – Quantificação do odor de amônia em compostagem de resíduo de abate bovino com e sem inoculante em relação ao período de repetição do experimento. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.114

Figura 4.11 – Quantificação dos principais odores identificados nas leiras de compostagem de resíduo de ave. a) no período quente e frio do ano; b) com e sem a aplicação do inoculante.115

Figura 4.12 – Quantificação do odor de terra em compostagem de resíduo de abate de ave com e sem inoculante em relação ao período de repetição do experimento (médias não balanceadas, barras verticais com intervalo de confiança de 0,95).116

Figura 4.13 – Quantificação do odor de mofo em compostagem de resíduo de abate de ave com e sem inoculante em relação ao período de repetição do experimento. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.117

Figura 4.14 – Quantificação do odor de estrume em117
compostagem de resíduo de abate de ave com e sem
inoculante em relação ao período de repetição do
experimento. Barras verticais denotam 95% de
intervalo de confiança.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Escala de categorias para intensidade de odor (VDI, 1992).	43
Tabela 1.2 - Descrição de odores industriais (CHEREMISINOFF, 1992).	46
Tabela 1.3 – Odores comumente associado com esterco animal (KREIS, 1978).	46
Tabela 2.1 - Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos.	50
Tabela 2.2 - Especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos.	52
Tabela 2.3 – Valores limites de metais pesados tóxicos no solo agrícola em alguns países (mg/kg).	56
Tabela 2.4 – Análise integrativa por busca de artigos a partir de palavras-chave na base de dados Scopus (compost* AND slaughter*) e Google Acadêmico (compostagem+resíduo+animal+abate+frigorífico), referente aos resultados qualitativos gerados por autor(es).	59
Tabela 3.1 – Datas, e quantidade de resíduos de abate coletados no abatedouro do Instituto Federal Catarinense – Campus Camboriú (IFC - CAM).	63
Tabela 3.2 – Probabilidades de semelhança entre curvas de decréscimos acumulados das temperaturas nas leiras pelo teste de Log-rank por tipo de composto de resíduos de abate de: bovino, suíno e de aves.	68
Tabela 3.3 - Tempo gasto para que as temperaturas nas leiras baixassem em 50% e intervalos de confiança para cada tipo de resíduo de abatedouro. O tempo médio foi calculado segundo a análise de sobrevivência de Kaplan-Meier.	68
Tabela 3.4 – Resultado de análise de coliformes no inoculante base.	75
Tabela 3.5 – Resultado de análise de coliformes na diluição do inoculante para 20L.	75
Tabela 3.6 – Resultado de análise residual de nutrientes no inoculante base.	75

Tabela 3.7 – Resultado de análise residual de nutrientes na diluição do inoculante para 20L.	.....75
Tabela 3.8 – Tipos de resíduo de abate oriundos do setor de Agroindústria do Instituto Federal Catarinense - Campus Camboriú, e respectivas quantidades usadas por leira construída e data de coleta.	.....78
Tabela 3.9 - Tempo médio de cada tratamento para que a o decréscimo da temperatura do interior das leiras, em que foram usados resíduos de abatedouro de suínos, atingisse a metade do máximo observado. As curvas de sobrevivência seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais segundo o teste de Kaplan-Maier para $p \geq 0,01$.	.....80
Tabela 3.10 – Resultado de análise química de composto orgânico oriundo de resíduo de abate suíno, com e sem inoculante, de amostras coletadas no período mais quente e mais frio do ano.	.....81
Tabela 3.11 - Interpretação das exigências segundo SDA/MAPA – IN nº 25/2009 para dados de análise química de composto de resíduo de abate de suíno, no qual os valores são representados por símbolos, onde ↑ para quanto estiver acima do limite, ↓ para quando tiver abaixo do limite, = para quando estiver dentro dos limites superiores e inferiores.	.....84
Tabela 3.12 - Tempo gasto para que a diferença entre as temperaturas nas leiras, em que foram usados resíduos de abatedouro de bovino, atingisse a metade do decréscimo máximo observado. As curvas de sobrevivência seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais segundo o teste de Kaplan-Maier para $p \geq 0.01$.	.....86
Tabela 3.13 – Resultado de análise química de composto orgânico oriundo de resíduo de abate de bovino, com e sem inoculante, iniciados no período mais quente e no período mais frio do ano.	.....87
Tabela 3.14 - Interpretação das exigências segundo SDA/MAPA – IN nº 25/2009 para dados	.....88

de análise química de composto de resíduo de abate de bovino, no qual os valores são representados por símbolos, onde ↑ para quanto estiver acima do limite, ↓ para quando tiver abaixo do limite, = para quando estiver dentro dos limites superiores e inferiores.

Tabela 3.15 - Tempo médio para que a temperatura nas leiras, em que foram usados resíduos de abatedouro de aves, atingisse a metade do máximo observado. As curvas de sobrevivência seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais segundo o teste de Kaplan-Maier para $p \geq 0.01$.	.....91
Tabela 3.16 – Resultado da análise química do composto orgânico oriundo de resíduo de abate de ave, com e sem inoculante, em duas estações do ano.	.....92
Tabela 3.17 - Interpretação das exigências segundo SDA/MAPA – IN nº 25/2009 para dados de análise química de composto de resíduo de abate de ave, no qual os valores são representados por símbolos, onde ↑ para quanto estiver acima do limite, ↓ para quando tiver abaixo do limite, = para quando estiver dentro dos limites superiores e inferiores.	.....93
Tabela 3.18 – Análise de variância em esquema fatorial para os fatores: Inoculante, Período do Ano e Tipo de Resíduo de Abatedouro e suas interações para a variável “dias tomados para que a temperatura das leiras baixasse 50%”.	.....95
Tabela 4.1 - Teste de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e de Homocedasticidade (teste de Brown-Forsythe) para notas de odores de composto de resíduo de abate suíno.	.....106
Tabela 4.2 – Análise de variância em esquema fatorial para os fatores: Inoculante, Período do ano e suas interações com o resíduo de abate suíno.	.....106
Tabela 4.3 - Teste de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e de Homocedasticidade (teste de Brown-Forsythe) para notas de odores de composto de resíduo de abate de bovino.	.....110

Tabela 4.4 – Análise de variância em esquema fatorial para os fatores: Inoculante, Período do ano e suas interações com o resíduo de abate bovino.	.....111
Tabela 4.5 - Teste de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e de Homocedasticidade (teste de Brown-Forsythe) para notas de odores de composto de resíduo de abate de aves.	.....114
Tabela 4.6 – Análise de variável para nível de significância de fatores e relações entre inoculante, período e gênero (ANOVA fatorial).	.....115

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
1 Introdução	1
1.1 Caracterização da área de estudo	1
1.2 Os resíduos dos abatedouros e destinos usuais	2
1.3 O processo de compostagem	5
1.4 Formulação de inoculantes para melhoramento do processo de compostagem orgânica	10
1.5 Análise sensorial dos odores	15
1.6 Objetivos	21
CAPÍTULO 2	22
2 A legislação vigente relacionada ao composto orgânico de resíduos de abatedouros	22
2.1 Decreto nº 30.691/1952	22
2.2 Decreto nº 4.954/2004	23
2.3 SDA/MAPA – IN nº 27/2006	24
2.4 MAPA – IN nº 34/2008	24
2.5 SDA/MAPA - IN nº 25/2009	25
2.6 Lei nº 12.305/2010	26
2.7 Limites de metais pesados na agricultura do Brasil e demais países	27
2.8 Análise integrativa	31
2.9 Discussão	32
CAPÍTULO 3	62
3 Melhoria no processamento de composto orgânico	62
3.1 Compostagem para captura de colônias de microrganismos	62
3.1.1 Material e Métodos	62
3.1.2 Resultados e Discussão	65
3.2 O desenvolvimento do inoculante	70
3.2.1. Material e Métodos	70
3.2.1.1. Averiguação da pré-existência no ambiente dos microrganismos escolhidos para a produção do inoculante	70
3.2.1.2. A preparação do inoculante	71
3.2.1.3. As repicagens escalares do inoculante	72

3.2.1.4. A análise química do inoculante diluído prestes a ser aplicado	73
3.2.2. Resultados e discussão	74
3.2.2.1. Averiguação da pré- existência no ambiente dos microrganismos escolhidos para a produção do inoculante	74
3.2.2.2. Garantia da qualidade do inoculante	74
3.3. Avaliação da eficiência do inoculante no processo de compostagem	77
3.3.1. Material e métodos	77
3.3.2. Resultados e discussão	79
3.3.2.1. Resíduo de abate suíno	79
3.3.2.2. Resíduo de abate bovino	85
3.3.2.3. Resíduo de abate de aves	90
3.3.2.4. Comparação entre os diferentes tipos de resíduo em função dos tratamentos aplicados	94
CAPÍTULO 4	104
4. Análise sensorial dos odores	104
4.1. Material e Métodos	104
4.2. Resultados e discussão	105
4.2.1. Resíduo de abate de suíno	105
4.2.2. Resíduo de abate de bovino	110
4.2.3. Resíduo de abate de ave	114
4.3. Discussão	119
5. CONCLUSÕES	121
REFERÊNCIAS	123
ANEXOS	143

CAPÍTULO 1

1 Introdução

1.1 Caracterização da área de estudo

Santa Catarina fica no centro geográfico das regiões Sul, a região de maior desempenho econômico do país, e em uma posição estratégica no Mercosul. O Estado faz fronteira com o Paraná (ao Norte), Rio Grande do Sul (ao Sul), Oceano Atlântico (Leste) e Argentina (Oeste).

A economia catarinense é bastante diversificada e está organizada em vários polos distribuídos por diferentes regiões do Estado. A diversidade de climas, paisagens e relevos estimula o desenvolvimento de inúmeras atividades, da agricultura ao turismo, atraindo investidores de segmentos distintos e permitindo que a riqueza fique mais distribuída na região.

No Vale do Itajaí há predominância da indústria têxtil e do vestuário, naval e de tecnologia. A indústria de transformação catarinense é a quarta maior do país em número de empresas e a quinta em número de trabalhadores, segundo dados da Federação das Indústrias de Santa Catarina (FIESC, 2014). São 45 mil empresas e 763 mil trabalhadores. Conta com uma forte indústria alimentícia, sendo destaque na produção de carne suína, de frangos e de pescados. Na agricultura, o Estado também tem relevância nacional, sendo os principais produtos o arroz, o milho e a soja.

O turismo é outro ponto forte da economia catarinense. O Estado recebeu mais de 6 milhões de turistas na temporada de verão 2012/2013, tanto nacionais como estrangeiros. Considerando apenas janeiro e fevereiro, o movimento de turistas foi de 4,6 milhões de pessoas, para uma receita de mais de R\$ 3 bilhões. Esse cenário de economia forte e diversificada faz de SC um dos melhores Estados do Brasil para fazer negócios e também para se viver (SANTA CATARINA, 2014).

O turismo rural na região é uma atividade em franco crescimento. O uso de tecnologias ecologicamente adequadas, como a atividade de compostagem, poderia conferir à região um maior apelo ecológico por ser uma alternativa auto-sustentável e ecologicamente correta para parte dos resíduos gerados no próprio Estado.

O presente estudo foi realizado no Instituto Federal Catarinense, Campus Camboriú (IFC-CAM), próximo à região portuária dos municípios de Itajaí e Navegantes. O IFC-CAM possui um abatedouro para fins didáticos e experimentais com aproximadamente 700 m² e capacidade de abater, em 4 horas, 50 suínos (peso vivo de 120 Kg cada),

ou 12 bovinos (500 Kg cada), ou 1200 frangos (2,5 Kg cada), dos quais os resíduos foram utilizados para o desenvolvimento do presente projeto. A unidade de abate está registrada e é fiscalizada pelo serviço de inspeção municipal.

1.2 Os resíduos dos abatedouros e destinos usuais

O mercado de carne brasileiro aumenta a cada ano e com ele os abates. No período de 2002 a 2012, o abate de bovinos, suínos e frangos cresce em média 44%, 60% e 64%, respectivamente (IBGE, 2013).

O aumento na produção de alimentos para a população é uma notícia boa, porém, os resíduos orgânicos oriundos dos abates de animais, como os materiais não comestíveis, necessitam de um destino adequado. Segundo a Instrução Normativa nº 34, de 28 de maio de 2008, Art. 2º, alínea XXXII, são considerados resíduos de abate animal: “carcaças, ou partes de carcaças de animais, não destinados ao consumo humano, ossos, penas, sangue e vísceras permitidos para uso em farinhas e produtos gordurosos” (BRASIL, 2008).

A quantidade de material sólido não comestível depende de vários fatores como: espécie e raça do animal, condições e métodos de criação, idade do abate e de procedimentos operacionais dos abatedouros e frigoríficos, com valores que podem chegar, em relação ao peso vivo, a 36% para bovinos, 21% para suínos e 24% para frangos de corte (ABRA *et al.*, 2011).

O Brasil processou em 2010 aproximadamente 12,4 milhões de toneladas de resíduos de abatedouro (ABRA *et al.*, 2011). Um valor desta magnitude, por si só justifica estudar meios de descarte que se enquadrem nas legislações vigentes. Os destinos usuais destes resíduos podem ser:

- Incineração: É queima à céu aberto ou em recipientes, em instalações ou equipamentos para essa finalidade. Esta prática, além de ser proibida pela Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, ocasiona perda de energia e de nutrientes que poderiam estar sendo aproveitados. Quando decretada emergência sanitária, a queima de resíduos à céu aberto pode ser realizada desde que autorizada e acompanhada pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e, quando couber, do Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA), de acordo com o Art. 47, § 1º da Lei nº 12.305/10 (BRASIL, 2010).

- Fossa séptica: É o depósito em aterro sanitário de acordo com a norma NBR 8419/1992 (ABNT, 1992). A fossa ou vala séptica é uma

técnica de disposição de resíduos sólidos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, utilizando princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área e volume que seja possível. É utilizada por municípios onde não exista outro destino adequado para animais mortos ou seus resíduos. Assim como a queima, o potencial energético e de nutrientes dos dejetos não são aproveitados.

- Abandono: É uma forma ilegal de descarte, sendo considerado crime de abuso e maus tratos aos animais silvestres, domésticos ou domesticados, nativos ou exóticos, segundo Art. 32 da Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências (BRASIL, 1998). Ocorre geralmente em locais sem fiscalização periódica, como abates clandestinos, por exemplo. Além de ocasionar perda do potencial energético e de nutrientes, gera problemas sócio-ambientais como: mau cheiro ocasionado pelo apodrecimento, atração de diversos animais, poluição do solo e do lençol freático, entre outros.

- Graxarias/Fábrica de farinha: De acordo com o Art. 262 do Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952, que aprova o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal, a graxaria é a seção destinada ao aproveitamento de matérias primas gordurosas e de sub-produtos de origem animal e que não sejam comestíveis (BRASIL, 1952). Seus produtos principais são o sebo ou gordura (para a indústria de sabões/sabonetes, rações, e para a indústria química) e farinhas de carne e ossos (para rações e uso agrícola como fertilizantes). Há graxarias que também produzem, a partir de ossos, o chamado adubo organo-mineral. Os materiais gerados nas estações de tratamento dos efluentes líquidos dos abatedouros, lodos e materiais retidos em grades e peneiras, são utilizados como insumos na fabricação de fertilizantes orgânicos (após compostagem) e produção de biogás (via digestão anaeróbica) (CETESB e FIESP, 2006).

- Compostagem: É um método ambientalmente adequado de descarte dos resíduos orgânicos, de baixo custo em infraestrutura e mão-de-obra, que proporciona a reciclagem de nutrientes para o solo pelo processo de biodecomposição (INÁCIO e MILLER, 2009). Gera um ciclo de produção auto-sustentável e circular como, por exemplo, o composto usado para adubar a plantação de milho é utilizado na fabricação de ração, consumido pelo suíno que, depois de abatido, gera a carne para alimentação humana e resíduos que serão reutilizados na produção de composto. A compostagem é utilizada na linha de

processamento dos resíduos sólidos de graxarias (CETESB e FIESP, 2006).

No dia 2 de agosto de 2010 foi publicada a Lei nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que incentiva a criação dos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos e dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. De acordo com o seu Art. 3º, inciso VII, a compostagem se insere dentre as formas de destinação final ambientalmente correta (BRASIL, 2010). Esta lei determina que, até 2014, todos os municípios deverão dar um destino final ambientalmente adequado aos seus resíduos.

Para os efeitos da Lei nº 12.305/2010, art. 3º, entende-se por:

“VII - destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA), entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;”

Embora a Lei nº 12.305/2010 tenha determinado uma data limite (expirada em 2 de agosto de 2014) para que as prefeituras passassem a dar destino correto aos dejetos urbanos isto ainda não aconteceu, porque envolve uma mudança de cultura, investimentos em estrutura e de postura política frente ao problema. Sob a alegação de que ainda não estavam preparadas para obedecer à lei, as prefeituras tentaram adiar, por mais quatro anos, o seu cumprimento através do Art. 107 da Lei nº 13.043, de 13 de novembro de 2014 (BRASIL, 2014a), que já havia sido aprovado pelo Congresso Nacional. No entanto, por meio da Mensagem nº 384, de 13 de novembro de 2014 (BRASIL, 2014b), o presidente em exercício, Michel Temer (PMDB), vetou a prorrogação do novo prazo. O veto foi publicado no Diário Oficial da União (DOU), no dia 14 de novembro de 2014, ou seja, a Lei nº 12.305/2010 está em vigor.

A opinião pública e os consumidores, no âmbito nacional e internacional, estão cada vez mais exigentes por produtos, serviços e políticas públicas menos poluidoras e auto-sustentáveis, logo, o cumprimento da lei, tem forte apelo popular e por isto deve ser obedecida.

1.3 O processo de compostagem

Kiehl (1998) descreve composto como a matéria orgânica, estabilizada e livre de patógenos, oriunda de um processo controlado de decomposição microbiana através da oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica, no estado sólido, mencionando ser um excelente adubo devido à presença de sais minerais e húmus. Para Inácio e Miller (2009), a compostagem pode variar conforme o enfoque, e ressaltando o caráter aeróbio e termofílico, a define como sendo um processo de biodencomposição da matéria orgânica, dependente de oxigênio e com geração de calor, levando a temperaturas típicas de 50°C a 65°C, e com picos que podem chegar a mais de 70°C.

Os compostos orgânicos tendem a melhorar as características físico-químicas e biológicas quando adicionado ao solo (KIEHL, 2002), mas, até que eles se transformem em adubo, há uma sucessão de grupos de microorganismos, de transformações físicas e bioquímicas, e de variações de temperatura que influenciarão no processo de compostagem.

O processo de compostagem surgiu em 1920, quando Albert Howard desenvolveu o processo Indore, na Índia, seguido por Giovanni Beccari, que desenvolveu o sistema que hoje leva o seu nome, que reduzia a compostagem de 180 para 40 dias. A partir de então surgiam inúmeros processos diferentes: Dumfries, Windrow, Dano, Riker, Triga, Prat, Nusoli e muitos outros (SILVA e FEHR, 2009).

Atualmente estão em uso métodos como: leiras estáticas com aeração natural; leiras estáticas com aeração forçada; compostagem com revolvimento de leiras; compostagem em reatores (confinada) e leiras estáticas com aeração passiva (Método UFSC), este último descrito por Inácio e Miller (2009) como sendo um método semi-mecanizado, de baixo custo e de fácil manejo. Neste método utilizam-se como substrato os resíduos orgânicos, de qualquer natureza, entremeados por camadas de “material estruturante” que confere sustentação à leira, e influencia na relação Carbono/Nitrogênio (C/N) e na aeração através dos espaços livres que forma dentro da leira. A aeração é influenciada pela granulometria do material estruturante. Materiais de alta relação C/N, como os provenientes de podas, e aparas de madeira, mantêm a estrutura das leiras de compostagem por mais tempo do que os materiais de baixa C/N, que por serem geralmente mais tenros e com alto teor de água, se decompõem mais rapidamente e perdem logo a sua capacidade aeradora e de sustentação das leiras.

A compostagem baseada no “Método UFSC” compreende quatro

fases (INÁCIO e MILLER, 2009):

1. Fase inicial: quando ocorre a expansão das colônias de microorganismos mesófilos e intensificação da ação de decomposição, liberação de calor e elevação rápida de temperatura;
2. Fase termófila: caracterizada por temperaturas acima de 45°C, predominando a faixa de 50°C a 65°C, quando ocorre plena ação de microorganismos termófilos, com intensa decomposição do material, com formação de água metabólica e manutenção da geração de calor e vapor d'água;
3. Fase mesófila: fase de degradação de substâncias orgânicas, mais resistentes, por microorganismos mesófilos; redução da atividade microbiana e consequente queda da temperatura da leira e perda da umidade;
4. Maturação: ocorre grande formação de substâncias húmicas, a atividade biológica é baixa e o composto perde a capacidade de autoaquecimento. Nesta fase, a decomposição ocorre em taxas muito baixas e prossegue quando o composto orgânico for aplicado ao solo, liberando nutrientes.

Observa-se na descrição acima que a atividade microbiológica se encontra em todas as fases da compostagem, sendo sua intensidade e sucessão de espécies as causas da evolução de uma fase para outra. Smith e Paul (1990) ressaltam que o entendimento dos processos microbianos é importante para o conhecimento da ciclagem de nutrientes e da dinâmica da matéria orgânica.

A temperatura é o parâmetro mais utilizado pelos pesquisadores para determinar a frequência dos revolvimentos, já que expressa a atividade dos microorganismos no interior da massa (VALENTE *et al.*, 2009).

O composto orgânico, de acordo com Silva *et al.* (2002), é biologicamente estável e pouco agressivo aos organismos do solo e plantas. É húmico, sendo rico em nutrientes como: enxofre, zinco, manganês e cobre, que podem ser liberados para as plantas, ao longo do tempo, reduzindo ou até mesmo substituindo, a fertilização mineral. Além disso, os autores ainda evidenciam que o uso de materiais orgânicos, na composição de um substrato, melhora a sua permeabilidade, contribui para a agregação de partículas minerais e para a correção da acidez.

Costa *et al.* (2009) evidenciam que a compostagem de resíduos agroindustriais é uma medida para diminuir a pressão sobre o ambiente, por ser uma alternativa de baixo custo e sanitariamente eficiente, tanto na “eliminação” de patógenos via aumento de temperatura como na decomposição dos resíduos submetidos a este método.

Em geral, os materiais orgânicos usados na compostagem trazem consigo muitos dos microorganismos necessários a sua decomposição, porém, o uso de inoculantes serve para promover a colonização mais rápida da massa a ser decomposta, o que leva à elevação de temperatura interna da massa, em um tempo menor e, consequentemente, a uma bem sucedida fase inicial do processo (INÁCIO e MILLER, 2009).

Atualmente, para o processo de compostagem de resíduos de abatedouro, existem poucos estudos sobre inoculantes específicos. Primo *et al.* (2011) utilizaram como inoculantes o produto comercial mikrosept-pó (Global Bio Tech Ltda, Cascavel, Paraná, Brasil), esterco e rúmen bovino, no processo de compostagem de resíduos provenientes da cultura do fumo. O tempo de compostagem desse resíduo foi menor na presença do inoculante.

Na compostagem de subprodutos gerados por estações de processamento de café (polpa e casca), Kassa *et al.* (2011) aplicaram diversos tratamentos utilizando misturas com esterco bovino, folhas da leguminosa *Milletia ferruginea* e microrganismos efetivos (adquiridos na Organização de Pesquisa Agrícola da Etiópia, Addis Ababa, Etiópia). Os resultados mostraram que a qualidade físico-química do composto gerado, sem a utilização dos microrganismos efetivos, foi melhor.

Chang *et al.* (2009) pesquisaram processos de compostagem de resíduos vegetais que apresentavam alta concentração de celulose, sendo considerado como material orgânico ideal para preparação de composto. Cinco linhagens de microrganismos termófilos isoladas de resíduos processados de nabo (*Brassica rapa* L). O sequenciamento de rRNA permitiu a identificação desses isolados como sendo de *Thermoactinomyces* sp. e *Bacillus* spp. O uso dessas linhagens resultou em um aumento total do conteúdo de nitrogênio do composto. TA-3, uma linhagem de *Thermoactinomyces* sp., apresentou melhor desempenho entre os inoculantes, aumentando o conteúdo de nitrogênio e diminuindo o conteúdo de carbono, mostrando sua alta eficiência e bioatividade durante a compostagem.

Com o objetivo de avaliar o efeito da adição de pós de rochas silicatadas sobre a concentração de nutrientes em compostagem orgânica, Lima *et al.* (2011) obtiveram seis compostos a partir de: bagaço de cana-de-açúcar, borra proveniente da decantação da vinhaça e

esterco de galinha poedeira. O enriquecimento mineral com pós de rochas silicatadas contribuiu para oxidação da matéria orgânica e favorecimento da atividade microbológica, a qual acelera o processo de decomposição. Esse efeito possibilitou elevação dos teores de nutrientes em todos os compostos estudados.

Zhang *et al.* (2013) pesquisaram os efeitos separados da inoculação de *Phanerochaete chrysosporium* sobre as comunidades bacterianas já existentes durante a compostagem de resíduos de culturas agrícolas vegetais. *P. chrysosporium* foi inoculado durante as diferentes fases da compostagem. Tal inoculação proporcionou melhoras na temperatura, na concentração de carbono solúvel em água, e na relação C/N. A inoculação de *P. chrysosporium* afetou as comunidades bacterianas já existentes na leira, através do aumento da temperatura da pilha, que alterou fatores físico-químicos aumentando a qualidade do composto.

Resíduos de frutas, folhas, feno, jornal, trigo, palha e casca de arroz, foram usados em compostagem por Pan *et al.* (2012). Para explorar o efeito de microorganismos no processo, foram selecionados três isolados bacterianos. Através de suas características morfológicas, de cultivo, bioquímicas e estudos de rDNA foram identificadas linhagens de *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas* sp.. Os resíduos foram compostados utilizando os isolados selecionados individualmente e em consórcio. Os resultados experimentais indicam que o consórcio foi mais eficaz do que qualquer uma das linhagens isoladas.

Nakasaki *et al.* (2013) analisaram a estirpe de levedura *Pichia kudriavzevii* RB1 como inóculo para acelerar a degradação da matéria orgânica oriunda de resíduos da alimentação de coelhos, contendo ácidos orgânicos agregado. A estirpe RB1 degradou rapidamente os ácidos orgânicos. Embora a levedura tenha sido eliminada pelo aumento da temperatura da compostagem, esta diminuiu o processo de compostagem em 2 dias em relação a compostagem sem a aplicação do inóculo, devido a eliminação da fase inicial, observada no crescimento de outros microrganismos.

De acordo com as bibliografias consultadas acima, nota-se que os materiais inoculantes como: esterco, camas de aviário, rúmen bovino e subprodutos não comestíveis (resíduos orgânicos) de processos agroindustriais são ricos em microrganismos que realizam a decomposição de matéria orgânica, e que o isolamento e utilização deles como inoculantes, desde que bem selecionados, podem aperfeiçoar o processo de compostagem.

Por conta da crescente quantidade de resíduos orgânicos oriundos

de agroindústrias é pertinente estudar métodos que: acelerem o processo de maturação do composto para diminuir o tempo para que o mesmo possa ser comercializado e utilizado na agricultura; otimizar o espaço físico que as leiras de compostagem irão ocupar; e para melhorar as suas características físico-químicas do composto obtido.

Dependendo da região e do objetivo do abate, os resíduos podem ser classificados de formas diferentes. Em uma localidade, o que é considerado um resíduo, em outra pode ser considerado um co-produto. A preocupação com o destino ambientalmente correto de resíduos vem crescendo em nossa sociedade e a compostagem para a sua transformação em fertilizante orgânico é uma das alternativas disponíveis e que produz um insumo cada vez mais valorizado para a produção dos alimentos orgânicos.

Segundo Mendes *et al.* (2008) a análise integrativa, baseada na revisão integrativa de estudos já desenvolvidos, é uma metodologia específica de pesquisa que sintetiza um assunto ou referencial teórico para maior compreensão e entendimento de uma questão, permitindo uma ampla análise da literatura.

A análise integrativa é um método de pesquisa utilizado na prática baseada em evidências (MENDES *et al.*, 2008; BARBOSA *et al.*, 2014). A prática baseada em evidências é uma abordagem que envolve a definição de um problema, a busca e avaliação crítica das evidências disponíveis, implementação das evidências na prática e avaliação dos resultados obtidos (GALVÃO *et al.*, 2003).

A análise integrativa é um método de revisão amplo, que permite incluir literatura teórica e empírica, bem como estudos com diferentes abordagens metodológicas (quantitativa e qualitativa). Muitas pesquisas tem a necessidade de uma revisão integrativa visando analisar a eficácia dos tratamentos a serem desenvolvidos (BARBIERI *et al.*, 2014).

Atualmente, no desenvolvimento de uma análise integrativa, busca-se artigos em base de dados digitais, específicos e não específicos, utilizando palavras-chave, procedimento este característico da prática baseada em evidências (BARBOSA *et al.*, 2014).

Na área da compostagem há várias revisões utilizando o método de análise integrativa, como para compostagem de resíduos urbanos e domésticos (JIMÉNEZ e GARCIA, 1989; MARTHUR *et al.*, 1993; TUOMELA *et al.*, 2000; MARTÍNEZ-BLANCO *et al.*, 2013; ANTIL *et al.*, 2014), para compostagem de esterco animal (HAGA, 1990; BERNAL *et al.*, 2009), para tratamentos alternativos de resíduo de abatedouro, como graxarias, fermentação, compostagem anaeróbica, entre outras (FRANKE-WHITTLE e INSAM, 2013). Porém, até o

momento, análises integrativas não foram encontradas especificamente na área de compostagem aeróbica de resíduo de abatedouro, método utilizado nesta dissertação.

1.4 Formulação de inoculantes para melhoramento do processo de compostagem orgânica

Bactérias e fungos são importantes na decomposição do substrato, sendo que seu metabolismo decompõe as substâncias orgânicas presentes nos resíduos, levando à formação de substâncias húmicas, sendo responsáveis por grande parte dos benefícios do uso agrícola do composto e de suas características típicas. A atividade biológica em uma leira de compostagem é intensa e depende de fatores e relações ecológicas (INÁCIO e MILLER, 2009).

O *Bacillus subtilis* é uma bactéria comum na água e no solo que acelera a metabolização de açúcares, gorduras, amidos e proteínas e que, devido a sua termofilia, tem sido usada para reduzir a proliferação de larvas de insetos durante o processo de compostagem, e a incidência de vetores fitopatogênicos (MENDES *et al.*, 2005; BETTIOL e MORANDI, 2009).

O *Rhodopseudomonas palustris* é uma bactéria comum na água e no solo, reconhecida por seu poder de biodegradação, utilizada para acelerar a metabolização de gorduras, proteínas, açúcares e compostos nitrogenados, especialmente nitrosaminas, e organo-clorados, auxiliando na eliminação de odores (MUKHOPADHYAY *et al.*, 2005; MENDES *et al.*, 2005; VERLINDEN *et al.*, 2007; DE SÁ *et al.*, 2014).

O *Saccharomyces cerevisiae* é um fungo utilizado para acelerar a metabolização de carboidratos, especialmente açúcares e amidos e, por ser uma levedura, tem alta capacidade de fermentação. Produz álcoois, principalmente etanol, que ao formar mistura azeotrópica com a água, facilita a retirada da umidade por evaporação, auxiliando na eliminação de odores (VIROLI *et al.*, 2014; NUNES *et al.*, 2013; RODRIGUES, 2011; BRUNELLI *et al.*, 2014).

Em 1990, Phae e Shoda investigaram a capacidade de sobrevivência e expressão de *Bacillus subtilis* na supressão de vários fitopatógenos como inoculante no processo de compostagem de lodo de esgoto ativado bruto, coletado em Inagi, Tóquio. O lodo foi esterilizado por irradiação gama com ^{60}Co durante 3h, a uma dose de 1 Mrad/h e logo após introduzido os seguintes fitopatógenos: *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum* NIAES 5117, *Pythium ultimum* Trow H-I, *Verticillium dahliae* Klebahn V-3, *Pyricularia oryzae* IFO 5279, *Rhizoctonia solani* NIAES 5219 e *Xanthomonas oryzae* IFO 3998. Após

a inoculação de *B. subtilis* (10^7 células por grama de composto úmido – 60% de umidade) com a fase termófila de compostagem efetuada, a concentração de *B. subtilis* permaneceu quase constante. O composto assim produzido exibiu supressividade clara para os 6 tipos de microorganismos fitopatogênicos. O estudo sugere que *B. subtilis* também foi o principal responsável pela degradação da matéria orgânica na fase termofílica da compostagem.

Shunli *et al.* (2014) estudaram o efeito do inoculante microbiano desenvolvido, de forma independente, na compostagem de esterco bovino, com alta habilidade de degradação de lignocelulose. O inoculante compreende uma mistura de *Geotrichum candidum*, *Streptomyces thermocarboxydus*, *B. subtilis* e *Coriolus versicolor*, em que os três primeiros tipos de microorganismos foram selecionados a partir de esterco bovino coletado na região de Pequim. O teste de compostagem foi realizado em tanques de fermentação. A degradação de hemi-celulose e celulose no composto inoculado foram de 1,8 e 2,1 vezes maior que em composto não inoculado, respectivamente.

Ghandi e Udayasoorian (2014) investigaram a possibilidade de converter aguapé (*Eichornia crassipes*) em biocomposto utilizando microorganismos efetivos (solução comercial M/S. Maple Organics, TN, Índia) e o consórcio microorganismos (*B. subtilis*, *Trichoderma viride*, *Aspergillus niger*, *Pseudomonas* sp. e *Streptomyces* sp.) para acelerar o processo de mineralização de nutrientes. Para a preparação da suspensão do consórcio microbiano, utilizou-se 200g do consórcio microbiano misturados com 10L de água para cada 100kg de aguapé picado. Para ativação das cepas da solução de microorganismos efetivos, utilizou-se 15L de microorganismos efetivos para 100kg de aguapé picado. Os resultados revelaram que a compostagem com consórcio de microorganismos foi a melhor opção na conversão físico-química das propriedades nutricionais, atingindo baixa relação C/N, alto N total e micronutrientes com alta população microbiana. O estudo indicou que aguapé pode ser reciclado efetivamente para produção de composto orgânico.

Shankarrao *et al.* (2014) analisaram o composto orgânico de solo coletado da floresta Kinwat, Índia, identificando parcialmente e isolando bactérias termofílicas contendo ação antimicrobiana potencial contra fungos e bactérias patogênicos de plantas e animais. O *B. subtilis* foi selecionado, exibindo atividade contra *Candida albicans*, *Ustilago maydis*, *Cryptococcus neoformans*, *Staphylococcus aureus* e *Echerichia coli*. A atividade deste antimicrobiano indicou a produção da substância amocaumacin-A como metabólito secundário, agindo como antibiótico.

Estes resultados indicaram que o composto orgânico do solo da floresta pode ser rico em fontes de novos compostos bioativos.

Berlot *et al.* (2013) estudaram a influência de *Saccharomyces cerevisiae* como inóculo na fermentação de uva, comprovando a eficiência do microrganismo no rápido consumo de glicose e ácido tartárico, gerando altos níveis de etanol, acetaldeído, 1-propanol, 2-butanol, álcool isoamil e ácido láctico.

Pasha *et al.* (2008) produziram bioetanol de *Prosopis juliflora* (nome popular algaroba - Fabaceae) utilizando cepa termotolerante de *S. cerevisiae* VS3. A fermentação gerou 88% de eficiência na hidrólise e produziu 30 g/L de etanol.

Salinas *et al.* (2000) descrevem *S. cerevisiae* como agente removedor de cádmio e chumbo em diluições de soluções aquosas.

Kim *et al.* (2004) estudaram amostras de lagoas eutrofizadas, isolando bactérias para utilizar no tratamento de odoríferos de água residuária de suinocultura. Um isolado, *Rhodopseudomonas palustris*, quando cultivados em águas residuais suína sem suplementação durante 7 dias, removeu ácidos orgânicos odoríferos (170 mg L⁻¹), demanda hídrica de oxigênio (10 000 mg L⁻¹) e fosfato de (180 mg L⁻¹). *R. palustris* demonstrou contribuir na redução de odores.

Wong *et al.* (2014) isolaram várias estirpes de *R. palustris* a partir de arrozais em Taiwan, combinando o método de coluna e detecção com marcador molecular Winogradsky. Estes isolados foram inicialmente testados empregando germinação de sementes e mudas, em ensaios de vigor, para avaliar o seu potencial como inoculantes. Para atender a demanda no presente sistema de agricultura para reduzir a aplicação de fertilizantes químicos, foram avaliados os efeitos de promoção de crescimento de plantas dos inoculantes *R. palustris* YSC3, YSC4 e PS3 *Brassica rapa* (couve chinesa) cultivado sob uma meia quantidade de fertilizante. Os resultados obtidos mostraram que a suplementação com cerca de $4,0 \times 10^6$ UFC g⁻¹ solo do inoculante PS3 pela metade a quantidade de fertilizante produzido consistentemente o mesmo potencial de crescimento da planta com 100% de fertilidade, e também aumentou a eficiência no uso de nitrogênio dos fertilizantes aplicados. Além disso, notou-se que a taxa de crescimento da planta provocada por PS3 foi marcadamente maior com sementes velhas do que com novas sementes, o que sugere que tem o potencial para impulsionar o desenvolvimento das mudas que foram germinadas a partir de sementes de má qualidade. Estas características benéficas sugerem que o isolado PS3 pode servir, como uma potencial fonte de rizobactérias promotora do crescimento de plantas, como inoculante para a gestão integrada dos

nutrientes na agricultura.

Inúmeras patentes já foram desenvolvidas utilizando cepas microbianas para acelerar o processo de compostagem. Alguns exemplos são mencionados a seguir. Li *et al.* (2012) patentearam inoculante microbiano para reforçar e promover o processo compostagem orgânica utilizando cepas de *R. palustris*, *S. cerevisiae*, *B. subtilis*, *B. licheniformis* e *C. tropicalis*. Segundo os autores, a mistura de cepas gera alta colonização em resíduos orgânicos, forte adaptabilidade, eliminando odores com rápido processo de biodecomposição.

Jin (2012) patenteou inoculante microbiano útil para compostagem de resíduos orgânicos, sendo composto por melaço, água e cepas de *B. subtilis*, *S. cerevisiae*, *R. palustris*, *Jingyang streptomyces* e *L. bulgaricus*. O autor descreve que o agente microbiano processa milhões de toneladas de palha, estrume animal e resíduo sólido municipal, transformando em fertilizante orgânico a cada ano, solucionando problemas ambientais com poluentes, reduzindo o uso de fertilizante químico na agricultura da China.

Chen (2013) patenteou método de preparação de fertilizante orgânico microbiológico como inoculante para compostagem de resíduo de cozinha, resíduos animais e palha da colheita. O inóculo contém carvão ativado, excrementos de animais, resíduos de biogás e mistura bacteriana, sendo *R. palustris*, *B. subtilis*, *B. thuringiensis*, *Nocardia*, *Lactobacillus* sp. e *Pseudomonas* sp. O processo de compostagem com o inóculo resulta num fertilizante orgânico microbiológico que otimiza as condições físicas, químicas e biológicas do solo para melhor desenvolvimento vegetativo.

Li *et al.* (2014) patentearam inoculante utilizando cepas de *B. subtilis* e *S. cerevisiae* como agentes inibidores de crescimento e propagação de patógenos. Os autores descrevem o resultado da mistura de cepas como otimizador físico e químico das propriedades do solo, promovendo ótimo desenvolvimento vegetativo, qualidade, resistência a estresse, aumentando o rendimento das culturas.

Li *et al.* (2011) patentearam inoculante microbiano decompositor para produção de fertilizante orgânico, utilizando *R. palustris* e *S. cerevisiae*, resultando em fertilizante de alta qualidade, reduzindo o tempo de maturação do composto.

Chen *et al.* (2011) patentearam inoculante para compostagem de lodo utilizando cepas de *R. palustris*, *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *Aspergillus niger* e *C. tropicalis*. Os autores descrevem resultados como curto processo de compostagem, baixo custo, esterilização de patógenos,

alta taxa de utilização e bom efeito de desodorização.

Wang (2014) patenteou fertilizante de liberação lenta, compreendendo silicato, *R. palustris*, *Streptococcus faecalis*, *Trichoderma* sp., fermento, ovos, resíduo de vinagre em pó, farelo de arroz, açúcar mascavo, sal, resíduo de abate suíno, grama, bicarbonato de cálcio, uréia, hidroxapatita de silício, atapulgite, hidrotalcite, montmorilonite, pigmento de titânio, caulino e calcite. O autor descreve melhora na qualidade do solo.

Hu *et al.* (2014) patentearam inoculante à base de *B. subtilis* para preparação de composto orgânico com fermentação contínua, sendo utilizado para cultivo de grandes culturas e árvores frutíferas.

Lin *et al.* (2014) patentearam método de tratamento de carcaças de animais, utilizando palha, casca de arroz e serragem, com adição de *B.s subtilis natto*, microzyme e *B. subtilis* em tanque de fermentação, acrescentando água. De acordo com a descrição da patente, as carcaças são biodegradadas no processo de compostagem de 5-10 dias e não superior a 60 dias. Segundo autores, o método inibe o crescimento de patógenos microbianos, rápida fermentação e degradação dos tecidos animais. Amostras do composto demonstraram resultados negativos para microrganismos causadores da febre suína, doença da orelha azul, circovírus tipo 2, *E. coli* e salmonela.

Jin *et al.* (2014) patentearam inoculante microbiano para compostagem de estrume de bovinos, reduzindo o teor de lignina presente. Contendo *Phanerochaete chrysosporim*, *Streptomyces*, *B. subtilis*, *B. licheniformis* e *B. amyloliquefaciens*, os autores garantem rápida compostagem, com alta temperatura, eliminando microrganismos patógenos, reduzindo odores, gerando biofertilizante orgânico.

Filippova *et al.* (2013) patentearam inoculante utilizando consórcio de *B. subtilis subtilis* e *B. amyloliquefaciens*. Basearam-se na preparação de ativador biológico, com atividade fungicida, útil para a compostagem de resíduos sólidos e líquidos de animais, em especial de aves.

Chang *et al.* (2013) patentearam inoculante microbiano para compostagem de palha, utilizando cepas de *B. subtilis*, *B. megaterium*, *Trichoderma longibrachiatum* e *Aspergillus niger* e vermiculita como adsorvente. Os autores garantem rápida compostagem, resultando em material com pH neutro e livre de agentes patogênicos.

Cheng *et al.* (2013) criaram patente para produção de inoculante como matriz biológica usada no cultivo de semeadura de arroz a partir de compostagem, misturando *Actinomycetes* e esterco de vaca, enzimas (não anunciadas pelos autores), *B. subtilis*, carvão em pó marrom,

nitrogênio, fósforo, potássio e zinco.

Li *et al.* (2013) patentaram inoculante microbiano útil para a compostagem de resíduos orgânicos contendo celulose, utilizando cepas de *B. subtilis*, *Streptomyces ambofaciens*, *Myceliophthora thermophila*, *T. konigii*, *Aspergillus niger* e *S. cerevisiae*, incluindo uréia e fósforo. Os autores garantiram que o produto final seria um fertilizante biológico orgânico considerado como próprio para utilização na agricultura.

Kim (2013) patenteou composto multifuncional contendo fosfato de cálcio, cal, hidróxido de cálcio, carbonato de cálcio e ácido silícico, juntamente com microrganismo *B. pumilus* e *B. subtilis*. O autor descreve que o composto melhora o ambiente do solo e retem as propriedades da água.

Zhao *et al.* (2012) patentaram método de biorremediação de metais pesados no solo, utilizando inoculante contendo *Festuca arundinaceae*, *B. subtilis* e *Actinomycetes*. Os autores citam a utilização do inóculo na técnica de compostagem de resíduo doméstico, impedindo a absorção de cádmio, cromo, cobre e níquel em plantas (Poaceae), pelo efeito sinérgico dos agentes quelantes químicos e microbiológicos.

Duan *et al.* (2012) patentaram inóculo contendo cepas de *B. subtilis* para compostagem de resíduo, preferencialmente matéria-prima orgânica contando estrume animal, lodo doméstico, folhas de chá, borra de cogumelos ou palha. O processo resulta na obtenção de alta temperatura na biodecomposição aeróbica (35-45°C), ótima relação C/N e redução de poluentes.

1.5 Análise sensorial dos odores

O odor é algo que estimula o sistema olfativo. Cada composto tem um odor característico e os humanos são capazes de detectar mais de 10.000 deles, embora seja capaz de dar nomes somente para alguns. O nariz humano pode detectar e discriminar odores em concentrações ainda mais baixas que as detectáveis por cromatografia em fase gasosa (MACKIE *et al.*, 1998).

Os odores resultantes da decomposição de matéria orgânica contêm predominantemente compostos sulfúricos e nitrogenados. Condições anaeróbicas geram odores mais desagradáveis e intensos. Condições aeróbicas podem também criar odores, porém, menos intensos (EPSTEIN, 2011).

Na área ambiental, nas últimas décadas foram propostas várias técnicas para a medição de odores, mas até agora nenhuma vem sendo largamente aplicada, devido à presença de um grande número de variáveis associadas como: a rápida difusão e variabilidade contínua de

odores, a sua baixa concentração no ambiente, as condições meteorológicas e a dificuldade de obter uma amostragem representativa de ar. Ainda há a necessidade do desenvolvimento de técnicas padronizadas e ferramentas regulatórias internacionais apropriadas (MACKIE *et al.*, 1998; GOSTELOW *et al.*, 2001; ZARRA *et al.*, 2007; RANZATO *et al.*, 2012; NADDEO *et al.*, 2012; ZARRA, 2014).

O mau cheiro é geralmente definido pelos fatores FIDO - Frequência, Intensidade, Duração e Ofensividade, onde a frequência refere-se ao número de vezes que um odor ocorre, a intensidade refere-se à força de um odor, a duração refere-se ao período de tempo que ele é sentido, e ofensividade refere-se ao carácter desagradável do odor (O'NEILL e PHILLIPS, 1992; NPPC, 1995; SCHULTE, 1997; MACKIE *et al.*, 1998; LACEY *et al.*, 2004).

Para fins regulatórios, o fator Intensidade tem recebido mais atenção na quantificação de problemas de odor e por isto é geralmente considerado como a variável principal nas suas análises (MACKIE *et al.*, 1998).

A intensidade de um odor pode ser quantificada em campo ou em laboratório (ASTM, 2010) e a sua representação pode ser feita por escalas de categorias associadas às descrições verbais como: fraca, moderada e forte; numérica (pela atribuição de notas); e por estimativas de magnitude o odor (“A” é duas vezes mais forte do que o odor “B”); ou por comparação a um odorante padrão, cujo odorante testado é associado à diluição do odorante padrão com a intensidade que lhe for mais semelhante (TURK *et al.*, 1980; GOSTELOW *et al.*, 2001).

Os métodos diretos usam o olfato humano como detector, geralmente com os avaliadores dispostos em uma banca, enquanto que os métodos indiretos são feitos pela medição, da concentração de substâncias odoríferas ou voláteis dispersas no ar, com o uso de dispositivos eletrônicos ou químicos (MACKIE *et al.* 1998; GOSTELOW *et al.*, 2001; DALTON *et al.*, 2011).

Embora uma variedade de métodos indiretos tenham sido desenvolvidos para a medição e avaliação do odor, nenhum tem tanta aceitação como a utilização do olfato humano no método direto. O método direto pode ser quantificado pelo uso de escalas de categorias, que classificam, de forma arbitrária, a intensidade do odor, ou fazendo referência à intensidade a um comparativo com outras intensidades da substância (MACKIE *et al.* 1998).

Porém, ambos os métodos não são ideais, pois medições sensoriais podem ser subjetivas e a interpretação dos resultados requer cuidados, enquanto que medições analíticas são complexas pelo grande

número de substâncias odoríferas presentes, frequentemente em concentrações próximas ao limite de detecção (GOSTELOW *et al.*, 2001).

A metodologia usada para avaliar a intensidade odorante neste trabalho (descrita no Capítulo 4) foi feita através de olfatometria dinâmica, segundo a norma alemã VDI 3882 - Parte 1 (VDI, 1992). Essa norma propõe o uso de uma escala de categorias de 7 pontos, na qual 0 corresponde a um odor imperceptível e 6 corresponde a um odor extremamente forte (TABELA 1.1).

Tabela 1.1 – Escala de categorias para intensidade de odor (VDI, 1992).

Intensidade	Força do cheiro
0	Não perceptível
1	Muito fraco
2	Fraco
3	Discreto
4	Forte
5	Muito forte
6	Extremamente forte

A qualidade do odor, também conhecida como caráter do odor, pode ser apresentada numa escala de medida nominal (categoria). O odor é caracterizado utilizando-se um vocabulário de referência, onde o cheiro se “parece” com uma substância já bem conhecida (STUETZ e FRENCHEN, 2001).

Numerosos padrões de descrição do odor estão disponíveis para o uso como vocabulário de referência. Mcginley e Mcginley (2002) e Epstein (2011) destacam oito categorias reconhecidas da descrição do odor, em que são ilustradas como: floral, frutífero, vegetal, terroso, ofensivo, pescado, químico e medicinal (FIGURA 1.1 e 1.2).

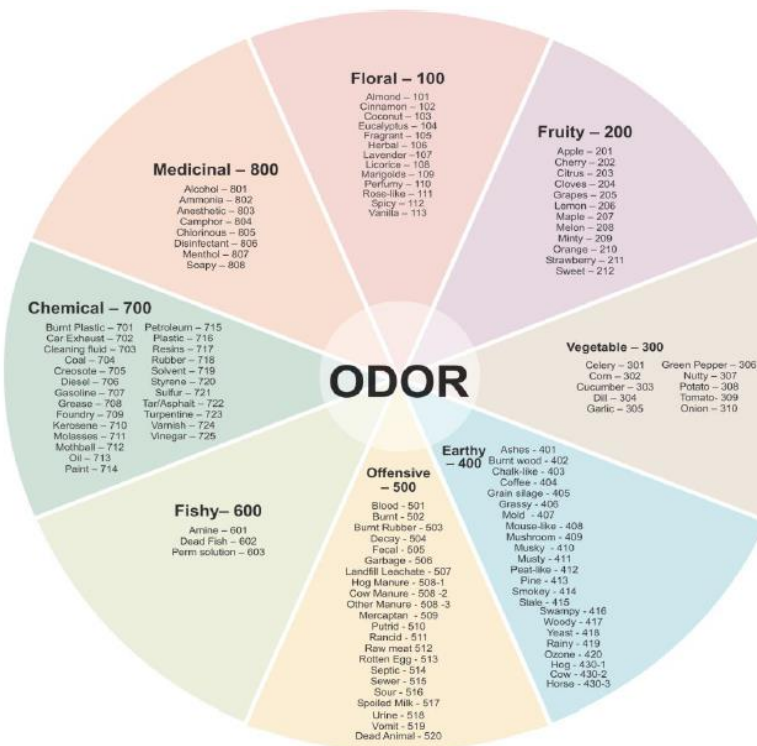


Figura 1.1 – Classificação de odores (EPSTEIN, 2011).

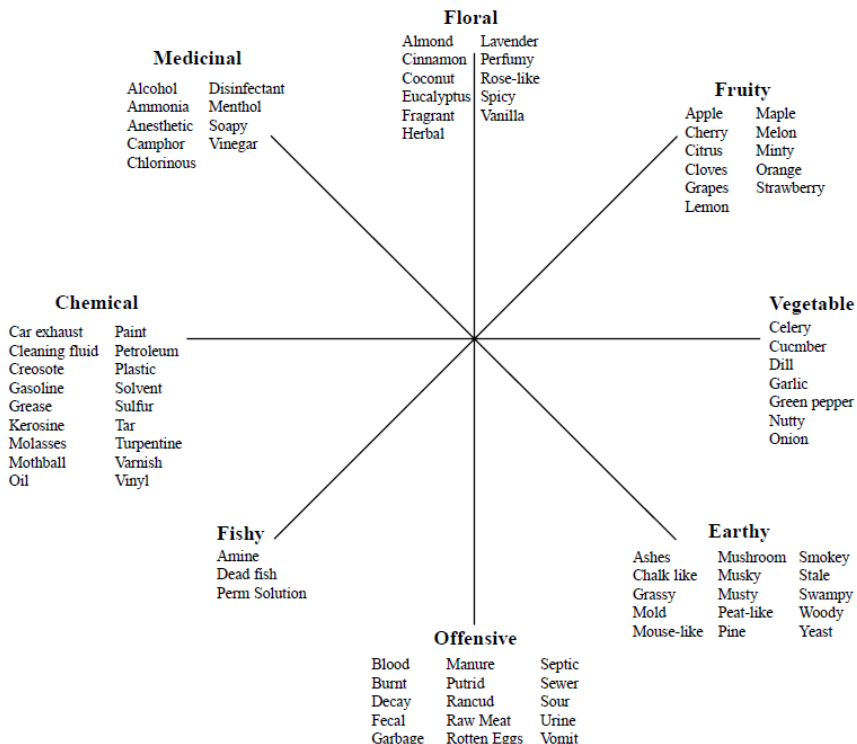


Figura 1.2 – Classificação de odores (MCGINLEY e MCGINLEY, 2002).

Yuwono e Lammers (2004) relatam que há um consenso geral sobre quais odores são considerados desagradáveis ou agradáveis. Exemplos de odores desagradáveis são os da amônia, ovos podres, sujeiras, resíduos de lixo e rançosos. Odores agradáveis seriam doces (flores), frescos (odores ao ar livre), e apetitoso (alimentos). Segundo os autores, se um odor é considerado como um prejuízo para o ambiente significa que ele é desagradável.

Segundo Schirmer *et al.* (2007) os compostos odoríferos incluem as moléculas orgânicas e inorgânicas. As duas principais moléculas inorgânicas são o sulfeto de hidrogênio (H_2S) e amônia (NH_3). Os odores inorgânicos são geralmente resultantes da atividade biológica, que ao decompor a matéria orgânica, formam uma variedade de gases mal odorantes, tais como: indóis, escatóis, mercaptanas e aminas.

Entre todos os tipos de compostos odoríferos, provenientes dos centros de tratamento de resíduos, o sulfeto de hidrogênio (H_2S) é um

dos principais gases de mau cheiro, pois é facilmente detectado pelo sistema olfativo humano da maioria dos indivíduos, mesmo em concentrações extremamente baixas e em curtos intervalos de tempo (GOSTELOW *et al.*, 2001).

Cheremisinoff (1992) lista 15 odores industriais estabelecidos para o controle odorífero (TABELA 1.2).

Tabela 1.2 –Descrição de odores industriais (CHEREMISINOFF, 1992).

Descrição	Odor
Acetaldeído	Pungente
Amônia	Pungente
Ácido butírico	Ranço
Dietil sulfureto	Alho
Dimetil amina	Duvidoso
Dimetil sulfeto	Repolho podre
Etil mercaptano	Repolho podre
Formaldeído	Pungente
Sulfeto de hidrogênio	Ovo podre
Metil mercaptan	Repolho podre
Fenol	Empireumático
Propil mercaptan	Desagradável
Dióxido de enxofre	Pungente
Trimetil amina	Duvidoso
Ácido valeriano	Suor

Kreis (1978) reconheceu 13 compostos orgânicos voláteis diferentes comumente associados com esterco animal (Tabela 1.3).

Tabela 1.3 – Odores comumente associado com esterco animal (KREIS, 1978).

Descrição	Odor
Amônia	Pungente; irritante
Ácido propiônico	Vômito
Ácido butírico	Vômito
Ácido isobutírico	Ranço; manteiga; queijo
Valérico	Sujeira
Ácido isovalérica	Ácido graxo; suor; manteiga
Indol	Porco; naftalina; queimado; mofado
Escatol	Fezes; banheiro
Dimetil dissulfeto	Repulsivo, cadáver
Dimetil sulfeto	Repolho podre
Sulfeto de hidrogênio	Ovo podre
Methanethiol	Repolho podre
Etanotiol	Alho

Mori *et al.* (1998) utilizaram método de escala de intensidade de odor para análise sensorial de goiabas comerciais. Estes autores, inicialmente, desenvolveram os termos descritivos relacionados ao produto apresentando em mesa redonda. Posteriormente, sob a orientação de um líder, discutiram-se e identificaram-se as características sensoriais relevantes do produto, chegando a um consenso quanto aos atributos, seus significados e a sequência de avaliação de cada um deles, resultando na elaboração de um glossário que serve de guia para avaliação das intensidades fortes e fracas.

1.6 OBJETIVOS

A presente dissertação tem como objetivo geral o de avaliar a viabilidade da compostagem de resíduos de abatedouros para uso como fertilizante agrícola, avaliando criticamente a legislação atual sobre o destino de resíduos de abatedouros e a eficiência do desenvolvimento de tecnologia para produção de compostos orgânicos.

Como objetivos específicos têm:

- a) Fazer um levantamento da legislação brasileira e demais países sobre compostagem de resíduo de abatedouro e, através de análise integrativa, relacionar à tecnologia ora estudada.
- b) Desenvolver inoculante que, segundo a revisão bibliográfica, seriam adequados para melhorar a compostagem orgânica.
- c) Verificar se os microrganismos destinados a firmar o inoculante já estavam presentes no ambiente de compostagem.
- d) Comparar os processos de compostagem com e sem a aplicação do inoculante formulado quanto à eficiência do processo de compostagem e quanto ao odor do produto final.

Os objetivos acima explicitados estão pormenorizados em três capítulos: “A legislação vigente relacionada ao composto orgânico de resíduos de abatedouros”; “Melhoria no processamento do composto orgânico”, e “Análise sensorial de odor dos produtos obtidos”.

CAPÍTULO 2

2 A legislação vigente relacionada ao composto orgânico de resíduos de abatedouros

No âmbito nacional, realizou-se o levantamento das normas jurídicas associadas a composto orgânico feito com resíduos de abatedouros, diretamente dos sites oficiais do Palácio do Planalto e do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. No âmbito internacional, as pesquisas foram realizadas consultando-se seus respectivos sites oficiais legislativos de cada país, sendo: Conformidade Européia (EUR-Lex), Itália (Normativa), Estados Unidos (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) e Espanha (Ministério da Agricultura, Pesca e Alimentação). Além disso, foram feitas buscas, através de duas bases de dados, de referências bibliográficas que reunissem um conjunto de palavras-chave associadas. Os resultados estão descritos a seguir.

2.1 Decreto Federal nº 30.691/1952

O Decreto Federal nº 30.691, de 29 de março de 1952, aprova o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RISPOA (BRASIL, 1952). Conforme descrito em seu Art. 1º, este Regulamento estabelece as normas que regulam, em todo o território nacional, a inspeção, a fiscalização industrial e sanitária, de produtos de origem animal, destinadas a preservar a inocuidade, identidade, qualidade, integridade dos produtos, a saúde e os interesses do consumidor, a serem executadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e pelos estabelecimentos registrados ou relacionados no Serviço de Inspeção Federal. Sua Seção IV descreve as definições de subprodutos não comestíveis de origem animal. Conforme seu Art. 316 entende-se por "subproduto não comestível" todo e qualquer resíduo devidamente elaborado que se enquadre nas denominações e especificações do Decreto Federal nº 30.691/52. Nota-se que neste decreto não há especificação detalhada de quais partes do animal é considerado subproduto.

De acordo com o Art. 325 do já mencionado decreto, entende-se por "adubo" todo e qualquer subproduto que se preste como fertilizante, depois de cozido, secado e triturado. Na sequência, o parágrafo único determina que estes subprodutos devam ser sempre submetidos a uma temperatura mínima de 115 a 125°C, pelo menos por uma hora, quando elaborados por aquecimento a vapor e a uma temperatura mínima de 105°C, pelo menos por quatro horas, quando pelo aquecimento a seco.

Mesmo sendo antiga, esta legislação ainda está em vigor e sem previsão para revogação ou emenda. De acordo com Leite (2000), uma norma para ser eficaz deve ser também justa, sendo finalidade da norma, dos ordenamentos, e do direito, visar o bem social como ideal de justiça. Na Teoria da Justiça há três modos de se examinar o direito: a partir do seu valor ideal (justiça), do seu valor formal (validade) ou do seu cumprimento prático (eficácia). Há a necessidade de questionar a justiça, a validade e a eficácia única do Art. 325, descrito acima, em relação a outras tecnologias existentes como, por exemplo, o processo de compostagem estudado na presente dissertação, podendo ser uma das alternativas para destinação dos resíduos de abatedouro *in natura* (sem passar pelo processo de cozimento), para obtenção de adubo orgânico, caso se enquadre nas especificações e limites admitidos pelas legislações atuais vigentes, descritos nos próximos itens.

2.2 Decreto Federal nº 4.954/2004

O Decreto Federal nº 4.954 de 14 de janeiro de 2004, aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências (BRASIL, 2004).

Para os fins do Decreto nº 4.954/04, de acordo com seu Art. 2, considera-se:

“b) fertilizante orgânico: produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais;

...

n) fertilizante orgânico composto: produto obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matéria-prima de origem industrial, urbana ou rural, animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo ser enriquecido de nutrientes minerais, princípio ativo ou agente capaz de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas; ...”.

De acordo com o exposto anteriormente, o composto orgânico oriundo de resíduos de abatedouro pode ser considerado “fertilizante orgânico composto”, pois o produto obtido é via processo bioquímico, a partir de matéria-prima de origem industrial, animal e vegetal (material

estruturante da leira), misturados, “enriquecido de agente capaz de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas”.

2.3 IN nº 27/2006

A Instrução Normativa (IN) nº 27, de 05 de junho de 2006 (IN nº 27/2006), da Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), menciona que os fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes, para serem produzidos, importados ou comercializados, deverão atender aos limites estabelecidos nos anexos desta IN, que se refere às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninha (BRASIL, 2006a).

Para fertilizantes orgânicos (onde se enquadra os compostos orgânicos), o Anexo V da IN nº 27/2006 defini os limites máximos de contaminantes admitidos, conforme Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos.

Contaminante	Valor máximo admitido
Arsênio (mg/kg)	20,00
Cádmio (mg/kg)	3,00
Chumbo (mg/kg)	150,00
Cromo (mg/kg)	200,00
Merúrio (mg/kg)	1,00
Níquel (mg/kg)	70,00
Selênio (mg/kg)	80,00
Coliformes termotolerantes - (NMP/g de MS*)	1.000,00
Ovos viáveis de helmintos <i>Salmonella</i> sp (nº em 4g ST**)	1,00, mas ausência em 10g de matéria seca

Obs.: *número mais provável por grama de matéria seca; ** número por quatro gramas de sólidos totais.

Fonte: BRASIL, 2006a.

2.4 IN nº 34/2008

Segundo a Instrução Normativa nº 34, de 28 de maio de 2008 (IN nº 34/2008), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, aprova o regulamento técnico da inspeção higiênico-sanitária, tecnológica do processamento de resíduos de animais e o modelo de documento de transporte de resíduos animais. No Art. 2º,

alínea XXXII, são considerados resíduos de abate animal: carcaças, ou partes de carcaças de animais, não destinados ao consumo humano, ossos, penas, sangue e vísceras permitidos para uso em farinhas e produtos gordurosos (BRASIL, 2008).

2.5 IN nº 25/2009

A Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009 (IN nº 25/2009), da Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura (BRASIL, 2009a).

O Capítulo II, Art. 2º da IN nº 25/2009 classifica os fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos e organominerais de acordo com as matérias-primas utilizadas na sua produção. O fertilizante orgânico composto oriundo de resíduo de abatedouro se enquadra na Classe “A”, com as especificações do anexo III desta IN (Tabela 2.2):

“I - Classe ‘A’: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, onde não sejam utilizados, no processo, metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos, resultando em produto de utilização segura na agricultura;”.

Tabela 2.2 - Especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos.

Garantia	Misto/composto				Vermi composto
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classes A, B, C, D
Umidade (% máx.) *	50	50	50	70	50
N total (% mín.)	0,5				
**Carbônico orgânico (% mín.)	15				10
**Capacidade de troca catiônica (CTC) ⁽¹⁾	Conforme declarado pelo fabricante				
pH (mín.)	6,0	6,0	6,5	6,0	6,0
Relação C/N (máx.)	20				14
Relação CTC/C ⁽¹⁾	Conforme declarado*				
Outros nutrientes	Conforme declarado***				

Obs.: *valores expressos em base seca; **umidade determinada a 65°C; ***É obrigatória a declaração pelo fabricante no processo de registro.

Fonte: BRASIL, 2009.

Os compostos de resíduos de origem animal e da criação de animais (cama de aviário, esterco de aves ou de suínos) têm o seu uso permitido em pastagens e capineiras apenas quando incorporados ao solo. No caso de pastagens, o pastoreio é permitido somente 40 dias depois da incorporação do composto ao solo. O uso é proibido na alimentação de ruminantes. O armazenamento deve ser em local protegido do acesso desses animais, conforme descrito no anexo IV da IN nº 25/2009.

Neste caso, para utilização de vísceras em pastagens, legalmente as mesmas deveriam sofrer o processo de cozimento anteriormente à incorporação ao solo, seguindo a legislação em vigor (Art. 325 do Decreto 30.691/52 - RISPOA).

2.6 Lei Federal nº 12.305/2010

Publicou-se no dia 2 de agosto de 2010 a Lei nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, incentiva a criação dos

Planos Estaduais de Resíduos Sólidos e dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. De acordo com o seu Art. 3º, inciso VII, a compostagem se insere dentre as formas de destinação final ambientalmente correta (BRASIL, 2010). Esta lei determina que, até 2014, todos os municípios deverão dar um destino final ambientalmente adequado aos seus resíduos.

Para os efeitos da Lei nº 12.305, Art. 3º, entende-se por:

“VII - destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA), entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;”.

2.7 Limites de metais pesados na agricultura do Brasil e demais países

A Resolução CONAMA nº 420, publicada em 28 de dezembro de 2009, dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas (BRASIL, 2009b).

De acordo com seu Art. 9 serão adotados, como valores de prevenção, os apresentados em seu Anexo II, os quais foram estabelecidos com base em ensaios de fitotoxicidade ou em avaliação de risco ecológico. Os valores adotados referem-se aos solos agrícolas, residenciais e industriais determinados com base em avaliação de risco à saúde humana, em função de cenários de exposição padronizados para diferentes usos e ocupação do solo (Art. 10), de acordo com a Tabela 2.3, com os principais valores para solos agrícolas.

Há também menção de valores limites na Resolução CONAMA nº 375, de 29 de agosto de 2006, que dispõe sobre os requisitos mínimos de qualidade do lodo de esgoto ou produto derivado destinado à agricultura (BRASIL, 2006b). O Art. 11 descreve que os lotes de lodo de esgoto e de produtos derivados, para o uso agrícola, devem respeitar os limites máximos de concentração especificados (TABELA 2.3).

Os países da União Européia criaram a Conformidade Européia (CE), regulada a partir das chamadas Diretivas Européias, que são consideradas leis supranacionais, legisladas pelo Parlamento Europeu.

A Diretiva nº 86/278/CE, de 12 de junho de 1986, dispõe sobre a proteção do ambiente, em especial dos solos, na utilização agrícola de lodos de tratamento de efluente, descreve no seu Anexo 1A os valores limites de concentração de metais pesados nos solos e no Anexo 1B valores em lodos destinados à adubação na agricultura (TABELA 2.3). As Diretivas, ao contrário dos Regulamentos, deixam os Estados-Membros com flexibilidade quanto às regras exatas a serem adotadas, conforme mencionado na Diretiva 86/278/CE (CONFORMIDADE EUROPÉIA, 1986).

Porém, em contraponto, o Regulamento (CE) 2003/2003, de 13 de outubro de 2003, que dispõe sobre adubos, com relação a metais pesados, faz apenas menção ao cobre (máximo de 10,00 mg/kg) no item 1.6. Ainda no item 1.6, há redigido “não são especificados limites para outros metais pesados” (CONFORMIDADE EUROPÉIA, 2003) (TABELA 2.3).

Há também o Regulamento (CE) n. 889/2008 de 5 de Setembro de 2008, que estabelece normas de execução do Regulamento (CE) n. 834/2007 do Conselho relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos, no que respeita à produção biológica, à rotulagem e ao controle. Este Regulamento cita o limite de cromo para utilização de resíduos domésticos compostados e subprodutos animais para cultura de algas marinhas (CONFORMIDADE EUROPÉIA, 2008) (TABELA 2.3).

Como cada país define seus limites quanto aos metais pesados aplicados ao solo e contidos em fertilizantes orgânicos, é significativa a diferença entre as várias normas, mostrando orientações não uniformes dentro da própria União Européia, mas é visível que no Brasil os limites são menos restritivos que nos demais países.

Na Espanha, o Ministério da Agricultura, Pesca e Alimentação possui o Decreto Real 1310/1990, de 29 de outubro de 1990, que regula a utilização de lodos de esgoto no setor agrário e metais pesados no solo (ESPANHA, 1990) (TABELA 2.3).

A Itália possui o Decreto 152/2006, de 03 de abril de 2006, que estipula os valores limites de concentrações no solo e subsolo. Em seu Anexo V, Título V da Parte IV, estão descritos os valores de concentração limite aceitável no solo e subsolo que se refere ao uso específico dos locais a ser recuperado, para solo: residencial, agrícola público e privado; solo comercial e industrial (ITÁLIA, 2006)

(TABELA 2.3).

Nos Estados Unidos o órgão que regulamenta tais valores é a EPA (United State Environmental Protection Agency) no qual, assim como o CE, há definições para a carga cumulativa máxima de metais pesados em lodo de esgoto, sendo o cromo listado em tabela separada para limites de poluentes em unidade de lodo de esgoto ativo sem revestimento e sistema de coleta de chorume e lixiviados (EPA, 2001) (TABELA 2.3).

Tabela 2.3 – Valores limites de metais pesados tóxicos no solo agrícola em alguns países (mg/kg).

País / Bloco Econômico	Arsênio	Bário	Cádmio	Cromo	Chumbo	Mercúrio
CE (adubo) ⁽¹⁾	-	-	-	-	-	-
CE (Solo de lodo) ⁽²⁾	-	-	1-3	-	50-300	1–1,5
CE (Lodo) ⁽²⁾	-	-	20-40	-	750-1200	16-25
CE (composto: resíduo doméstico) ⁽³⁾	-	-	0,7	70	45	0,4
CE (subproduto: pele) ⁽³⁾	-	-	-	0	-	-
Espanha (solo pH<7) ⁽⁴⁾	-	-	1	100	-	1
Espanha (solo pH>7) ⁽⁴⁾	-	-	3	150	-	1,5
Espanha (lodo pH<7) ⁽⁴⁾	-	-	20	1000	-	16
Espanha (lodo pH>7) ⁽⁴⁾	-	-	40	1500	-	25
Itália (solo e subsolo agrícola) ⁽⁵⁾	20	-	2	150	-	1
Estados Unidos (Lodo) ⁽⁶⁾	75	-	85	600	840	57
Brasil (solo) ⁽⁷⁾	20	300	3	200	150	1
Brasil (Fertilizante orgânico) ⁽⁸⁾	20	-	3	200	150	1
Brasil (Lodo) ⁽⁹⁾	41	1300	39	1000	300	17

Fonte: ⁽¹⁾Conformidade Européia (2003); ⁽²⁾Conformidade Européia (1986); ⁽³⁾Conformidade Européia (2008); ⁽⁴⁾Espanha (1990); ⁽⁵⁾Itália (2006); ⁽⁶⁾EPA (2001); ⁽⁷⁾Brasil (2004); ⁽⁸⁾Brasil (1952); ⁽⁹⁾Brasil (2006).

Nota-se na Tabela 2.3 que os valores de cromo das legislações brasileiras são superiores a todos os demais países pesquisados, com exceção da Espanha. Uma das razões para tais limites excedentes em solo e fertilizantes tem relação com o couro, considerado (de algumas espécies) como resíduo de abate animal não comestível.

O processo que transforma o couro putrescível em material imputrescível é denominado curtimento. A expressão “curtido ao cromo” consiste em utilizar o cromo em forma de sulfato ou óxido, com a finalidade de curtimento. Quando o couro é curtido ao cromo é denominado *Wet Blue* (azul molhado), devido a sua aparência azulada. Este curtimento proporciona ao couro muitas características favoráveis como estabilidade à luz e ao calor, estabilidade hidrotérmica, resistência física superior se comparado com os materiais submetidos aos demais curtentes, ciclos curtos de produção, boas propriedades tintoriais, maciez, elasticidade, baixa massa específica, dentre outras (HOINACKI *et al.*, 1994; JORDÃO *et al.*, 1999).

Devido a esse conjunto de qualidades tem-se que, atualmente, 90% dos processos mundiais de curtimento são realizados com sais de cromo. Assim, acredita-se que, devido a tantas vantagens e a grande utilização, o curtimento com o cromo não será substituído totalmente nos próximos anos (GOMES *et al.*, 2010).

De acordo com Chernicharo (2000), nos efluentes de curtime, obtém-se por tonelada de pele crua, aproximadamente 100kg de resíduos sólidos contendo cerca de 4kg de cromo.

Gomes *et al.* (2010), realizaram a caracterização de resíduo de curtime para determinação de disposição final e, de acordo com os resultados obtidos no ensaio de solubilização, os parâmetros que não se enquadraram nos padrões estabelecidos em legislação, excedendo os limites máximos, foram: alumínio, cromo total, fenóis totais, ferro, manganês, nitrato, sódio e sulfato. Os autores concluem que resíduos do processamento de couro devem ter sua disposição final em aterro industrial.

Entre a grande variedade de substâncias que entram no solo, nas águas continentais e nos oceanos, como produtos de rejeito (por descuido ou de maneira proposital), os metais pesados criam problemas em longo prazo. Isso ocorre não somente porque se acumulam nos organismos e, dessa forma, percorrem as cadeias tróficas, mas também porque esses metais permanecem nos ecossistemas, em sedimentos, em concentrações perigosas por um longo período (LARCHER, 2000).

Os resíduos dos curtumes vêm sendo descartados, após os

tratamentos em aterros sanitários que deveriam estar preparados para a disposição destes resíduos, ou através do descarte como suprimento de nutrientes na agricultura. Como os fertilizantes comerciais vêm apresentando preços cada vez maiores e com a dificuldade de descarte dos resíduos industriais e urbanos, tem se considerado a compostagem de resíduo de couro, tanto do ponto de vista econômico como do ponto de vista de reciclagem de nutrientes, uma alternativa corrente e atrativa (GOMES *et al.*, 2010).

A utilização desses resíduos, em áreas agrícolas, traz benefícios e ao mesmo tempo preocupações, devido à presença de cromo e do acúmulo de nitrato na água e no solo (COSTA *et al.*, 2001).

Pela análise comparativa dos valores limites aqui comparados, nota-se que os valores de Bário, Cádmio e de Cromo são mais elevados que o mencionado para outros países, logo, há a necessidade de rever a legislação brasileira quanto aos reais valores ambientalmente adequados de metais pesados em solos agrícolas e fertilizantes, com base em estudos de impacto ambiental, analisando os reais danos ao ser humano, fauna e flora.

2.8 Análise integrativa

A revisão baseada na análise integrativa tem sido apontada como uma ferramenta que sintetiza as pesquisas disponíveis, sobre determinada temática, visando a diminuição de vieses e erros. Portanto, é imperativo afirmar a revisão integrativa como instrumento válido da Prática Baseada em Evidências, sobretudo no cenário atual da ciência brasileira (SOUZA *et al.*, 2010).

Selecionou-se artigos científicos em dois bancos de dados virtuais, sendo eles Google acadêmico (scholar.google.com.br) e Scopus (www.scopus.com). Na seleção da literatura Google Acadêmico utilizou-se as palavras-chave: composto+resíduo+animal+abatedouro+frigorífico. No banco de dados Scopus as palavras-chave foram: compost* AND slaughter. O critério utilizado objetivou selecionar apenas artigos que tratam sobre compostagem com resíduos de abatedouro.

Na base de dados Google Acadêmico, houve 205 artigos por busca do conjunto de palavras-chaves, sendo analisados os 87 primeiros para seleção da análise integrativa, com base no critério já determinado acima.

Obtiveram-se 60 artigos na busca do conjunto de palavras-chaves na base de dados Scopus, sendo que todos foram analisados, porém poucos se enquadraram no critério descrito acima.

Somando os artigos que tratam do critério utilizado em ambas as bases de dados, apenas 12 discutem a técnica de compostagem com resíduos de abatedouro.

Utilizando a metodologia já descrita e os critérios de busca nos bancos de dados analisados, obteve-se a tabela de análise integrativa abaixo, referente aos resultados qualitativos gerados em cada artigo, onde “toxicologia” compreende: análises fitotóxicas e tóxicas aos animais domésticos e ao homem (metais pesados e outras substâncias); “nutrientes”: macro e micro nutrientes; “patógenos”: análise microbiológica de fungos, bactérias e vírus; e “viabilidade”: comparações entre diferentes materiais estruturantes, analisando qual é mais viável para rápida degradação do resíduo orgânico e que, proporcione melhor qualidade final do produto (TABELA 2.4).

Tabela 2.4 – Análise integrativa por busca de artigos a partir de palavras-chave na base de dados Scopus (compost* AND slaughter*) e Google Acadêmico (compostagem+resíduo+animal+abate+frigorífico), referente aos resultados qualitativos gerados por autor(es).

Toxicologia	Nutrientes	Patógenos	Viabilidade	Autores
	x			Caldeira <i>et al.</i> (2012)
	x			Vidotti (2009)
	x	x		Orrico Junior <i>et al.</i> (2010a)
	x		x	Costa <i>et al.</i> (2009)
	x			Mourales <i>et al.</i> (2006)
	x	x		Rocha <i>et al.</i> (2012)
	x			Cestonaro <i>et al.</i> (2010)
	x	x		Paiva <i>et al.</i> (2012)
x	x	x	x	Islam <i>et al.</i> (2012)
		x		Franke-Whittle <i>et al.</i> (2013)
		x		Marcinkowski <i>et al.</i> (2010)
	x			Guardia <i>et al.</i> (2010)

Na Tabela 2.4 observa-se que os artigos científicos voltados para compostagem de resíduo de abatedouro têm por objetivo principal

analisar os nutrientes e patógenos gerados no processo, sendo muito pouco avaliado a viabilidade e toxicologia.

2.9 Discussão

Após verificação das legislações vigentes e análise integrativa, observou-se que não há legislação que regulamente as instalações necessárias para o desenvolvimento de compostagem, com infraestrutura adaptada para coleta de chorume, evitando contaminações no lençol freático.

Segundo as normas vigentes, o que define fertilizante orgânico composto maduro, ou seja, próprio para uso na agricultura, são características físicas e químicas.

Não há metodologia universal ou mais indicada para definição de composto maduro, nem tempo total definido, tão pouco o número de revolvimentos indicados para leiras aeradas, a partir de temperatura ou tempo.

Não há pesquisas publicadas sobre utilização de bactérias e fungos, concentrados em forma de inoculante, para acelerar decomposição de resíduo de abatedouro.

Em geral, estudos prévios recomendam material estruturante da família Poaceae.

Há grande variação nos limites de metais pesados no solo agrícola entre as legislações brasileiras e demais países, sendo o Brasil com os maiores valores para cromo, podendo ser relacionado tais limites com decorrente de políticas defensoras da indústria de processamento de couro, que libera alta quantidade da substância ao meio ambiente.

Mesmo com normas jurídicas atuais sobre composto orgânico que definiram conceitos, especificaram limites máximos e mínimos de seus componentes e limitaram o seu uso quando incorporado ao solo, a compostagem orgânica continua limitada pelo Decreto Federal nº 30.691 de 1952. O Art. 325 do citado decreto ainda é a única norma que especifica diretamente a metodologia de uso de subproduto animal não comestível (vísceras) como "adubo" que se preste como fertilizante, devendo ser cozido, secado e triturado. O processamento dentro da norma seria energeticamente muito custoso e por isto não vem sendo praticado comercialmente porque elevaria em muito o custo de produção. Neste contexto, fazem-se necessárias pesquisas científicas específicas para encontrar provas concretas que o produto do processo de compostagem com vísceras necessita de todas as exigências mencionadas anteriormente.

Assim como no Brasil, no âmbito internacional, a compostagem

de resíduos de abatedouros também carece de estudos tecnológicos e de legislação específica.

Com isso, defende-se a necessidade de encontrar uma posição de equilíbrio entre a justiça, a validade e a eficácia dessa norma jurídica, que deve ser enfrentado de forma prática e interdisciplinar, à luz do Direito, da Ciência Agrária, da Química e da Biologia. Para tal equilíbrio, é interessante analisar o nexo entre legalidade e equidade referente ao Art. 325 do Decreto Federal nº 30.691 de 1952 (item 2.1 deste capítulo), considerando a equidade não um critério diferente da justiça, mas caminho distinto para chegar ao mesmo valor único jurídico. Equidade consistiria, neste caso, na adaptação desta situação concreta, levando em consideração os valores de justiça e igualdade. Pode-se dizer, então, que aplicar a equidade a outro método, além do cozimento dos resíduos, adaptaria este caso específico, a fim de deixar o mais próximo possível do justo.

Após comprovação científica, o processo de compostagem dos resíduos de abatedouro *in natura* (sem passar pelo processo de cozimento), poderia vir a ser uma alternativa viável para a agricultura a fim de obter um adubo orgânico que se enquadre nas especificações e limites admitidos pelas legislações atuais vigentes e possa ser usado como alternativa para transformar um poluente em produto comercial e mais ecologicamente compatível.

CAPÍTULO 3

3 Melhoria no processamento de composto orgânico

Com o crescente desenvolvimento tecnológico e incentivo à agroindústria, o setor tem gerado e lançado no ambiente toneladas de resíduos advindos de suas práticas. Por processar diferentes produtos de origem animal, gera os mais variados resíduos, os quais podem ser submetidos ao processo de compostagem, uma alternativa viável, de baixo custo e sanitariamente eficiente na eliminação de patógenos (COSTA, 2009a).

Como evidenciado pela análise integrativa (item 2.8), o conhecimento científico sobre compostagem com resíduos de abatedouros carece de estudos tecnológicos. O presente capítulo tem o objetivo de aprimorar o processo de compostagem de resíduos de abate bovinos, suínos e de aves com o uso de inoculante para: aumentar a eficiência do processo; gerar um produto com melhor características físico-químicas; e com cheiro descaracterizado de proteína em decomposição. Este capítulo está dividido em 3 sub itens: 3.1 Compostagem para captura colônias de microrganismos; 3.2. O desenvolvimento do inoculante e 3.3. Avaliação da eficiência do inoculante no processo de compostagem.

3.1 Compostagem para captura de colônias de microrganismos

Realizou-se compostagem com resíduos de abate bovinos, suínos e de ave. O objetivo foi capturar diretamente das leiras colônias de microrganismos. Tais colônias, já existentes no meio ambiente, foram avaliadas quanto à eficiência para decompor os resíduos de abatedouros e eliminação de odores.

3.1.1 Material e Métodos

O experimento foi realizado no Instituto Federal Catarinense – Campus Camboriú (IFC-CAM), localizado no município de Camboriú (SC), na região litorânea Catarinense. As médias anuais de precipitação no local variam de 1621,2 a 1860,0 mm (EPAGRI & CIRAM, 2013).

As coletas dos resíduos de bovino, suíno e ave foram no setor de Abatedouro do IFC-CAM, sendo utilizados somente resíduos de animais, considerados pela fiscalização sanitária, como sadios e apropriados para comercialização da carne e consumo humano.

Considerou-se neste projeto como resíduos de abate:

- Vísceras brancas (provenientes de bovinos, suínos e aves): trato e conteúdo digestório tubular (desde esôfago até ânus), glândulas anexas

(pâncreas, glândulas salivares, glândulas adrenais), trato reprodutor, sistema hemolinfático (baço, linfonodos e vasos sanguíneos), pulmão e gordura;

- Cabeça e penas (aves);

Como os abates são realizados nas terças-feiras de manhã e cada espécie de animal foi abatida numa semana diferente, a coleta do resíduo foi realizada em diversas datas (TABELA 3.1).

Tabela 3.1 – Datas e quantidades de resíduos de abate coletados no abatedouro do Instituto Federal Catarinense – Campus Camboriú (IFC - CAM).

Dia do Abate	Resíduo Coletado	Quantidade (Kg)
26/03/2013	Bovino	300
05/03/2013	Suíno	200
14/05/2013	Ave	250

No mesmo dia da coleta, em menos de 2h, iniciou-se o processo de montagem das leiras de compostagem.

Para o processo de montagem da leira, o material estruturante utilizado foram aparas de grama (*Zoysia japonica*) e folhas de sombreiros (*Terminalia catappa*), resultante da manutenção dos jardins do IFC-CAM.

As leiras foram montadas segundo o “Método UFSC” de compostagem (INÁCIO e MILLER, 2009), onde o resíduo é disposto, em camadas alternadas com material estruturante, sempre elevando uma parede lateral com este último (FIGURAS 3.1 e 3.2). Como fonte de inóculo inicial utilizou-se composto semi-maduro de leiras de compostagem, produzidas semanalmente, dentro do próprio IFC-CAM a partir de alimentos do refeitório.

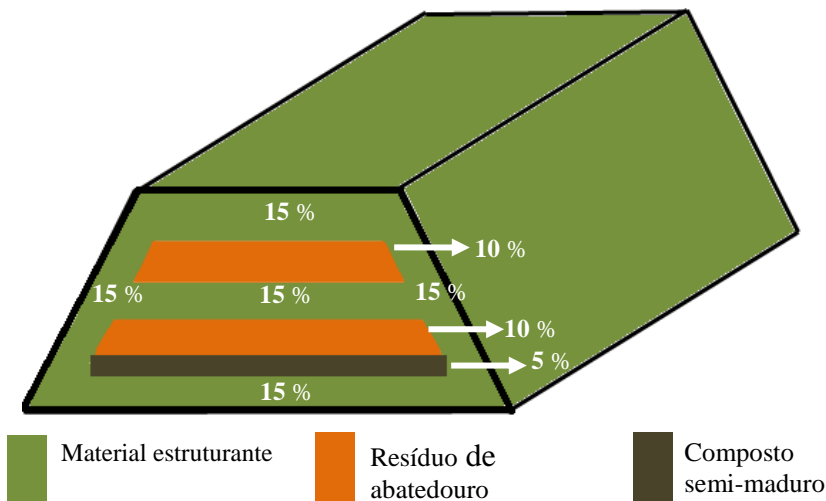


Figura 3.1 - Sequência de montagem de uma leira estática com aeração passiva para compostagem de resíduo de abatedouro, usando folhas e aparas de grama como material estruturante, e composto semi-maduro como inoculante inicial.



Figura 3.2 - Resíduos de abate em leira de compostagem, sendo: (a) Resíduo de abate de aves; (b) resíduo de abate de bovino; (c) resíduo de abate de suíno.

O tamanho das leiras variou de 1,0m e 1,2m de base com a altura fixa de 75 cm. Tal variação foi devido a prioridade dada a proporcionalidade dos componentes da leira calculados em função do resíduo de abatedouro utilizado. As leiras foram dispostas aleatoriamente no pátio de compostagem.

Com um termômetro de mercúrio (Termômetro para jardim 7515, precisão $\pm 0,1^\circ$, Incoterm, São Paulo, São Paulo, Brasil), foram feitas medições diárias da temperatura ambiente e, logo na sequência, no interior das leiras, em três pontos aleatórios com profundidade de 40 cm.

Sempre que a temperatura interna média da leira apresentou diferença entre 10°C da temperatura ambiente, foi feito um revolvimento. Após cada revolvimento a leira foi remontada para as dimensões originais exceto a do comprimento que encurtava devido a diminuição do volume original. Os valores obtidos das variáveis temperaturas ambientes e temperaturas nas leiras foram dispostos em gráficos, bi-dimensionais, tendo como eixo horizontal o número de dias acumulados durante o processo de compostagem e eixo vertical os $^\circ\text{C}$ apresentados. Os valores mostrados, nos gráficos 3.3 à 3.5, para a temperatura no interior das leiras, correspondem à média de três leituras.

Para a comparação da velocidade de decomposição, por resíduo de abate, foi aplicada a Análise de Sobrevida, usando o modelo de Kaplan-Meier, assumindo como variável para “indivíduos vivos” a temperatura dentro das leiras e como “ocorrências = indivíduos mortos” o número de graus de temperatura perdidos em relação ao dia anterior (Ayres *et al*, 2003). As análises estatísticas foram feitas com auxílio do pacote estatístico BioEstat 3.0 (Sociedade Civil Mamirauá, Belém, Pará, Brasil).

3.1.2 Resultados e Discussão

O comportamento das temperaturas, ambiente e dentro das leiras, por resíduo de abatedouro estão mostradas nas Figuras 3.3 a 3.5, respectivamente para bovino, suíno e de aves.

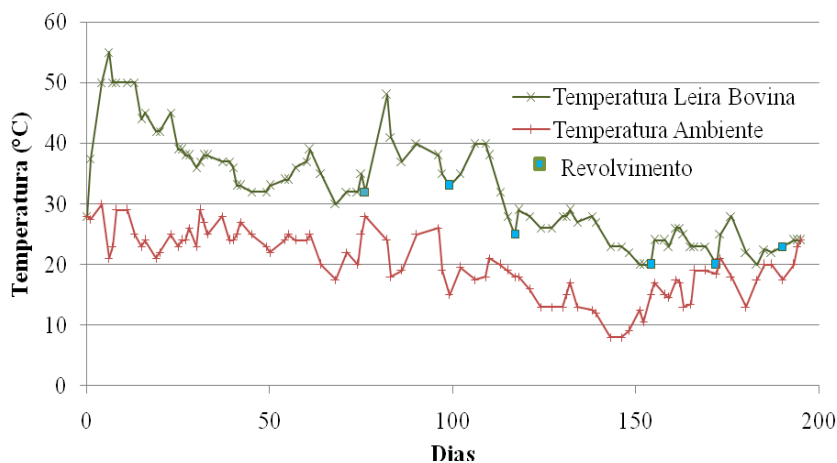


Figura 3.3 - Temperaturas internas e externas nas leiras de compostagem com resíduo de abate de bovino.

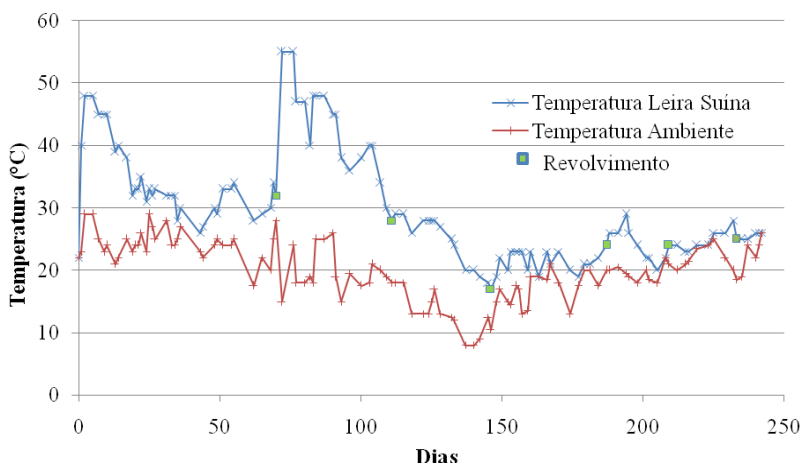


Figura 3.4 - Temperaturas internas e externas nas leiras de compostagem com resíduo de abate de suíno.

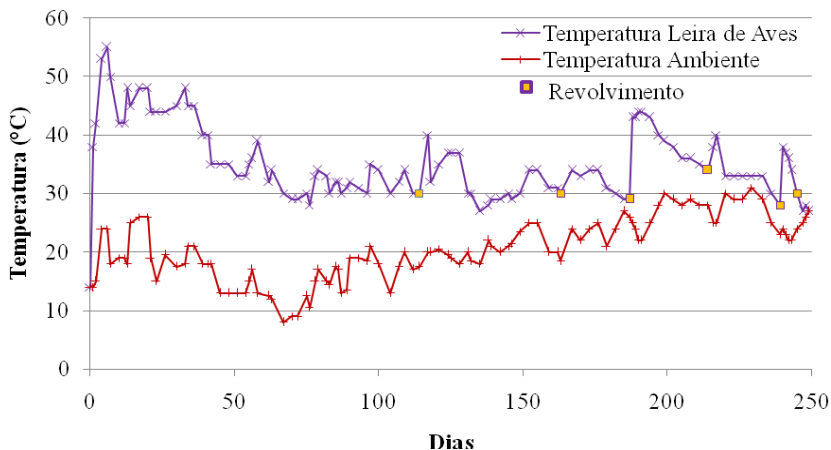


Figura 3.5 - Temperaturas internas e externas nas leiras de compostagem com resíduo de abate de ave.

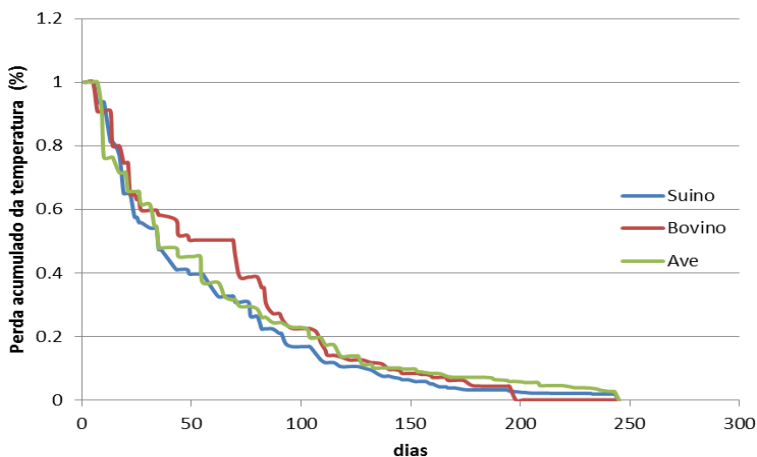


Figura 3.6 - Perda acumulada das temperaturas internas nas leiras de compostagem com resíduos de abate de suínos, bovinos e de aves calculadas segundo o modelo de Kaplan-Meier.

As curvas de decréscimos de temperatura mostradas na Figura 3.6 foram comparadas, par a par, utilizando-se o teste de Log-rank e estatisticamente consideradas como iguais para $p \geq 0.01$ (TABELA 3.2). Para determinar o tempo gasto para que as temperaturas nas leiras baixassem em 50% e intervalos de confiança para cada tipo de resíduo de abatedouro, foi calculado o tempo médio segundo a análise de

sobrevivência de Kaplan-Meier (TABELA 3.3).

Tabela 3.2 – Probabilidades de semelhança entre curvas de decréscimos acumulados das temperaturas nas leiras pelo teste de *Log-rank* por tipo de composto de resíduos de abate de: bovino, suíno e de aves.

	Bovino	Suíno	Aves
Bovino	—	0,4437	0,4003
Suíno		—	0,2808
Aves			—

Tabela 3.3 - Tempo gasto para que as temperaturas nas leiras baixassem em 50% e intervalos de confiança para cada tipo de resíduo de abatedouro. O tempo médio foi calculado segundo a análise de sobrevivência de Kaplan-Meier.

Fonte do resíduo	Tempo médio (dias)	Intervalo de confiança (a 95% de probabilidade)
Bovino	45	38-63
Suíno	35	34-61
Aves	41	42-67

Em todos os processos de compostagem (bovino, suíno e de ave) foram feitos seis revolvimentos. A diminuição da temperatura da compostagem nas últimas semanas, mesmo após revolvimento, indicou maturidade da matéria orgânica e, conseqüentemente, estabilidade do composto.

A temperatura como indicador de maturidade e estabilidade no processo de compostagem é uma técnica simples e comprovada. Zeng *et al.* (2011), em estudo de compostagem de palha de arroz, vegetais, farelo de trigo e solo, comprovou que, conforme a temperatura da leira decresce, menor é a atividade da enzima desidrogenase, e maior é a taxa de germinação vegetal, assumido a estabilização da temperatura, mesmo após revolvimento, como um indicador de qualidade do composto para as plantas. Gao *et al.* (2010) utilizaram esterco de galinha misturado com diferentes quantidades de serragem com razão C/N iniciais de 12, 18 e 28 num biodigestor com aeração forçada. Em todas as misturas, quanto menor a temperatura durante o processo de compostagem, maior a taxa de germinação vegetal.

No processo da compostagem de resíduo de abate bovino, a temperatura máxima alcançada na leira foi de 55°C, no 6º dia após confecção da leira, com temperatura ambiente de 21°C. Nos dois primeiros revolvimentos, o material decomposto estava com aspecto homogêneo, com exceção do conteúdo ruminal (capim em fase de digestão), o único componente visualizado facilmente no revolvimento.

O conteúdo ruminal, por ser rico em fibra vegetal, possui uma degradação lenta, conforme constatado em pesquisas de Huang *et al.* (2008) e Orrico Junior *et al.* (2010b). Os mesmos comprovaram que a composição da fração fibrosa dos materiais de origem vegetal (celulose, hemicelulos e lignina) interfere significativamente na velocidade da decomposição, principalmente quando a lignina estiver em grande quantidade e concentrada.

Durante a compostagem de resíduo de abate suíno, a temperatura máxima alcançada na leira foi de 55°C no 72º dia, após 1º revolvimento, com temperatura ambiente de 15°C. Nos dois primeiros revolvimentos das leiras de resíduo suíno, o material decomposto estava com aspecto homogêneo, com exceção de alguns pedaços de gordura ainda não degradados.

Hellmann *et al.* (1997) já haviam detectado a lenta taxa de decomposição de lipídios. Dalpian *et al.* (2004) descreve a dificuldade na homogeneização de resíduos gordurosos, de origem frigorífica na leira, devido à sua granulometria que é muito fina e, por conta da forte ligação entre suas moléculas, dificulta a sua mistura com os demais componentes da leira de compostagem. Nakasaki *et al.* (2004) descreve a dificuldade no desempenho da compostagem de materiais com significativas quantidades de gordura por serem dificilmente degradados por microorganismos.

Na compostagem de resíduo de abate de aves, a temperatura máxima alcançada na leira foi de 55°C no 6º dia após o início do processo, com temperatura ambiente de 24°C. A leira feita com resíduos de ave apresentou aspecto heterogêneo nos primeiros revolvimentos, com as camadas visíveis de penas ainda não degradadas.

Bohacz e Kornilłowicz-Kowalska (2009) descrevem a dificuldade de decomposição da pena de galinha devido à lignocelulose complexa e queratina, e no seu estudo, demonstram que compostagem com palha obteve maior atividade enzimática de decomposição comparado com a compostagem sem a palha. Os autores relataram a dinâmica e sucessão de crescimento de bactérias e fungos em compostagem de penas com palha e casca de pinus. Microorganismos proteolíticos, celulolíticos, queratinolíticos e actinomicetos foram identificados, ao longo do processo, com crescimento mais intenso quando a biomassa do composto foi enriquecida com palha.

3.2 O desenvolvimento do inoculante

Os microrganismos apontados pela revisão bibliográfica apresentada na introdução (item 1.4) como promissores para o desenvolvimento de inoculantes para uso em compostagem orgânica foram: *B. subtilis*, *S. cerevisiae*, e *R. palustres*.

No presente capítulo está relatado como foi feita a averiguação da existência destes três microrganismos, no local de compostagem, e o desenvolvimento artificial do inoculante com os três microrganismos citados acima, para ser usado no item subsequente deste capítulo. A averiguação da existência dos microrganismos foi feita com objetivos de segurança ambiental e metodológico. Segurança ambiental porque a introdução de microrganismos no meio ambiente, antes ali não existente, poderia trazer inúmeros problemas, e metodológico para averiguar se a introdução concentrada deles, através de inoculante produzido em laboratório, poderia influenciar no processo de compostagem.

3.2.1 Material e Métodos

3.2.1.1 Averiguação da pré-existência no ambiente dos microrganismos escolhidos para a produção do inoculante

Partindo-se do composto relatado no item 3.1, após o primeiro revolvimento das leiras, de cada tipo de resíduo de abatedouro, fez-se amostragem composta (derivada de 15 sub-amostras, tomadas ao acaso, nas diversas partes das leiras, que depois de homogeneizadas, obteve-se 100g necessárias para as análises), assumida como representativa de cada tratamento. Tais amostras foram encaminhadas para o Laboratório Universal Leaf Tabacos Ltda. - Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil, para averiguação se os microrganismos que foram eleitos, para comporem o inoculante, já estavam presentes nas amostras e, por conseguinte, no ambiente de compostagem.

Para o isolamento e identificação dos microrganismos existentes em 5g da amostra de composto, de cada resíduo de abatedouro, foi adicionada a um frasco Erlenmeyer contendo: 10ml de Meio MRS em diluição a 20% (20ml de meio e 80ml de água); 10ml de Meio PCA em diluição a 20% (20ml de meio e 80ml de água); 10ml de Meio PDA em diluição a 20% (20ml de meio e 80ml de água); 10ml de Solução de Melaço em diluição a 20% (20ml de melaço e 80ml de água); 0,5 g Cloreto de Amônio; 0,5 g Sulfato de Potássio; e 0,5 g Fosfato de Potássio. Em seguida o volume foi completado para 50ml com água deionizada e estéril. Para os meios MRS, PCA e PDA foram usadas formulações comerciais fornecidas pela DSMZ, Brunswick,

Alemanha.

Após 96 horas de incubação, em estufa a 37°C, foi feita a repicagem por plaqueamento em profundidade (*pour plate*) em placas de Petri, utilizando-se 1ml da fase líquida retirada dos Erlenmeyers, para os meios de cultura seletivos, conforme respectivamente para: PCA - para *S. cerevisiae* (NIE *et al.*, 2014; ROTOLO *et al.*, 2014; NYAMBANE *et al.*, 2014); PDA - para *B. subtilis* (CRAY *et al.*, 2015; AN *et al.*, 2015; WAEWTHONGRAK *et al.*, 2015) e MRS - para *R. palustres* (KORNOCHALERT *et al.*, 2014; KANTHA *et al.*, 2012; WANG, 2011). Foram feitas repicagens sucessivas, por estriamento superficial e mantendo os respectivos meios seletivos já mencionados, até que colônias de espécies de microrganismos pudessem ser identificadas como distintas e analisadas. A identificação dos microrganismos de interesse foi feita com base no aspecto das colônias e na análise microscópica da morfologia dos microrganismos ali existente, submetidos a coloração de GRAM (SILVA-FILHO e OLIVEIRA, 2007). Como prova adicional da identificação das espécies, estas foram comparadas com amostras certificadas já existentes no Laboratório. As observações ópticas foram feitas com o microscópio Olympus mod. CX41 (Olympus Corporation, Tokyo, Japan) com aumentos de 800X, 1000X e 1600X (com uso de óleo de imersão).

3.2.1.2 A preparação do inoculante

Para o aceleração do processo, optou-se por não utilizar as culturas isoladas do material colhido no local de compostagem, e sim as culturas puras, das mesmas espécies objetivadas, obtidas da CBMAI (Coleção Brasileira de Microrganismos do Ambiente e Indústria – Campinas, SP, Brasil). As cepas usadas foram: *B. subtilis* (Ehrenberg 1835) Cohn 1872 - CBMAI 0707; *S. cerevisiae* aggr. - CBMAI 0538; e *R. palustris* - DSM CBMAI 8283. As cepas foram então agrupadas em um mesmo cultivo da seguinte forma:

1º - Em um Becker de 2L com 500ml de água destilada e esterilizada em autoclave adicionaram-se 25ml de melão, 2g de leite em pó integral e 2g de leite em pó desnatado; e agitou-se até completa dissociação.

2º - Adicionou-se 50 µl de cada uma das culturas de *S. cerevisiae*; *B. subtilis*; e *R. palustre*. Após a primeira das introduções das culturas de microrganismos as demais foram precedidas de agitação por cerca de 5 minutos.

Após a adição dos microrganismos eles foram incubados em estufa a 37°C. Análises de controle foram feitas, a cada 48 horas, para

verificação do desenvolvimento dos microrganismos por Contagem Padrão em Placas (CPP) de Unidades Formadoras de Colônia (UFC) por ml. Os limites mínimos de desenvolvimento para que o inoculante tenha sido considerado como pronto foram: *S. cerevisiae* > 10⁴ UFC/ml; *B. subtilis* > 10⁵ UFC/ml e *R. palustris* > de 10³ UFC/ml.

O controle do desenvolvimento dos microrganismos foi feito por plaqueamento em profundidade seguida de repicagens, por estriamento, em meios seletivos (já descrito anteriormente) para cada tipo de microrganismo de interesse.

Quando a concentração de microrganismos atingiu os limites mínimos acima mencionados, foram adicionados 25ml de melaço, 2g de leite em pó integral e 2g de leite em pó desnatado e 500ml de água estéril. Depois de 48h fez-se nova conferência visual da densidade e da vitalidade aparente dos microrganismos. O produto foi transferido para um recipiente plástico com capacidade de 1L, doravante mencionado como “inoculante base” e que, depois foi utilizado para preparar as repicagens escalares destinadas à produção do volume de inoculante utilizado nas leiras de compostagem descritas no capítulo seguinte.

3.2.1.3 As repicagens escalares do inoculante

Para aplicação nas leiras de compostagem o inoculante base foi recultivado, adicionando fontes de energia e suplementos alimentares, nas fases desenvolvidas segundo metodologia a seguir.

Fase 1 – Cultivo em recipiente de 5L a partir de inoculante base:

Em um recipiente plástico de 5L foram adicionados 2L de água potável; 250g de açúcar; 100g de leite em pó integral; 100g de leite em pó desnatado; 1 comprimido de Targifor (TARGIFOR® C. Fabricante Sanofi, São Paulo, Brasil) como fonte de arginina e ácido ascórbico; 110ml de Taffman (como fonte de aminoácidos e micronutrientes) (Taffman-EX®. Fabricante Yakult S/A Indústria e Comércio, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil) e 250ml do inoculante base. O volume foi então completado para 5L com água potável. Após 5 dias 3L desta preparação foi transferida para um recipiente de 20L, mantendo-se os 2L restantes para mais um recultivo.

Fase 2 – Manutenção do inoculante base:

Logo após a retirada da quantia do inoculante base descrita na Fase 1, para sua manutenção, a ele foram adicionados 20 g de açúcar; 50 g de leite em pó integral; 50 g de leite em pó desnatado; 1 comprimido

de Targifor (Arginina e ácido ascórbico); 1 frasco de Taffman (aminoácidos e micronutrientes). O volume foi completado para 1L com água potável. Após 5 dias ele pode ser reusado para fazer um novo recultivo em recipiente de 5L.

Fase 3 – Cultivo em recipiente de 20L a partir do cultivo feito no recipiente de 5L:

Em um recipiente plástico de 20L adicionaram-se: 10L de água potável, 500g de açúcar; 200g de leite em pó integral; 200g de leite em pó desnatado; 3 comprimidos de Targifor (Arginina e ácido ascórbico); 2 frascos de Taffman (aminoácidos e micronutrientes); 3L do inoculante cultivado no recipiente de 5L (Fase 1). O volume foi completado para 20L com água potável. Aguardaram-se 5 dias e deste recipiente retiraram-se 18L para o uso na leiras de compostagem, mantendo os 2 restantes como inculante para a formação da dosagem seguinte.

Fase 4 - Manutenção do recipiente de 5L a partir do inoculante base:

Adicionaram-se aos 2L de inoculante restantes no recipiente de 5L: 250g de açúcar; 100g de leite em pó integral; 100 g de leite em pó desnatado; 2 comprimidos de Targifor (Arginina e ácido ascórbico); 1 frasco de Taffman (aminoácidos e micronutrientes); 250ml do inoculante base. O volume foi completado para 5L com água potável. Após 5 dias foi usado novamente para formar o recultivo em recipiente de 20L.

Para montagem das leiras, foi utilizado o inoculante do recipiente de 20L na proporção de 1:50 (litro de inoculante: kg de resíduo de abatedouro).

Os ingredientes adicionados ao inoculante se destinaram a fornecer alimento na fase de repicagem. Portanto, considerou-se que estes nutrientes tenham sido consumidos pelos microrganismos do inoculante e não tendo impacto significativo nos microrganismos presentes nos resíduos

3.2.1.4 A análise química do inoculante diluído prestes a ser aplicado

Antecedendo a aplicação do inoculante nas leiras, efetuou-se a análise química e microbiológica, a fim de avaliar sua qualidade quanto à ausência de patógenos (coliformes totais e coliformes termotolerantes) e quanto à quantidade residual de nutrientes (carboidratos, gorduras totais e proteínas).

Foram coletado amostras de 80ml em triplicata do inoculante concentrado e da bombona de 20L, acondicionados em recipientes esterilizados, acomodados em recipiente isotérmico (caixa de isopor com volume de 5L) e enviados em menos de 24h ao Laboratório de Ensaios de Química e Laboratório de Ensaios de Microbiologia, localizados na Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB), Santa Catarina, Brasil, gerando os seguintes resultados:

3.2.2 Resultados e discussão

3.2.2.1 Averiguação da pré-existência no ambiente dos microrganismos escolhidos para a produção do inoculante

Nas amostras analisadas foram constatados os três microrganismos selecionados para formar o inoculante, e, por conseguinte, no meio ambiente onde a compostagem foi feita, sendo que *S. cerevisiae* e *B. subtilis* encontradas nas amostras dos três tipos de resíduos de abatedouro, e *R. palustres*, nas amostras dos resíduos de abatedouro de bovino e de suíno (Figura 3.7).

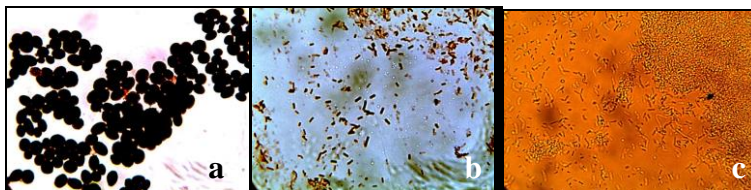


Figura 3.7 - Avaliação morfológica dos microrganismos com uso de microscópio e coloração de GRAM. (a) *Saccharomyces cerevisiae*; (b) *Bacillus subtilis*; (c) *Rhodopseudomonas palustris*.

3.2.2.2. Garantia da qualidade do inoculante

O resultado das análises de monitoramento demonstrou que, ao décimo dia de incubação, o inoculante continha as três espécies objetivadas e em abundância, portanto apto para, após posterior diluição, vir a ser aplicado nas leiras de compostagem.

Para garantia da qualidade quanto a coliformes e residual de nutrientes, realizou-se análise microbiológica e química (TABELAS 3.4 a 3.7) a fim de averiguar possíveis contaminações e excessos nutricionais oriundas das repicagens escalares do inoculante (descritos no item 3.2.1.3).

Tabela 3.4 – Resultado de análise de coliformes no inoculante base.

Parâmetro	Resultado (NMP/g)¹
Coliformes Termotolerantes	< 3
Coliformes Totais	< 3

¹ Análises feitas segundo Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods (CMMEF, 2001). NMP = número mais provável.

Tabela 3.5 – Resultado de análise de coliformes na diluição do inoculante para 20L.

Parâmetro	Resultado (NMP/g)¹
Coliformes Termotolerantes	< 3
Coliformes Totais	< 3

¹ Análises feitas segundo Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods (CMMEF, 2001). NMP = número mais provável.

De acordo com o laudo microbiológico (ANEXO 3.1), o parâmetro não quantificado pela metodologia utilizada (CMMEF, 2001) tem seu limite de quantificação praticável expresso acompanhado do símbolo matemático “menor” (<), que significa limite inferior de detecção.

Sendo assim, não foi detectado presença de coliformes termotolerante e totais nas amostras de inoculante concentrado e da diluição de 20L (TABELA 3.4 e 3.5).

Tabela 3.6 – Resultado de análise residual de nutrientes no inoculante base.

Parâmetro	Resultado (% p/p)¹
Carboidratos	6,02
Gorduras Totais	3,45
Proteínas	3,45

¹Análises feitas segundo Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (Instituto Adolfo Lutz, 2005). p/p = peso do soluto/peso da solução.

Tabela 3.7 – Resultado de análise residual de nutrientes na diluição do inoculante para 20L.

Parâmetro	Resultado (% p/p)¹
Carboidratos	n.d.
Gorduras Totais	1,82
Proteínas	2,03

n.d. – não detectado.

¹Análises feitas segundo Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (Instituto Adolfo Lutz, 2005). p/p = peso do soluto/peso da solução.

De acordo com o laudo químico (ANEXO 3.2), utilizando a

metodologia Instituto Adolfo Lutz (2005), a concentração de nutrientes restantes no inoculante diluído foi muito baixa e provavelmente resultante do metabolismo microbiano (TABELAS 3.6 e 3.7).

Os teores de proteína e gordura podem ser provenientes de duas fontes, isto é, de resíduos dos nutrientes adicionados na repicagem e/ou da metabolização dos açúcares (açúcar adicionado à repicagem) que são transformados (não estão presentes em quantidades significativas na amostra analisada) pelas células de microrganismos em componentes de "reserva energética" ou catalizadores (enzimas). Tais teores foram "percebidos" pela análise, por ocasião da morte dos microrganismos durante o procedimento analítico, com consequente liberação destes compostos intra-celulares para o meio.

3.3 Avaliação da eficiência do inoculante no processo de compostagem.

O inoculante desenvolvido no item 3.2 foi aplicado em leiras de compostagem de resíduos de abatedouro bovino, suíno e de ave com o objetivo de abreviar o processo de compostagem e adicionar diferenciais de fertilidade e de odor.

3.3.1 Material e métodos

O presente experimento foi conduzido na mesma área experimental mencionada no item 3.1, porém com as leiras de compostagem montadas conforme a figura a seguir (FIGURA 3.8).

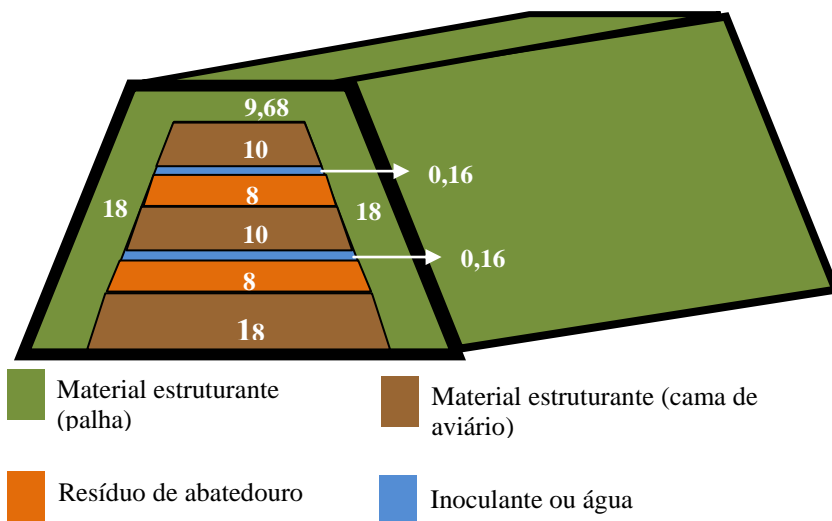


Figura 3.8 - Sequência de montagem de uma leira estática, com aeração passiva, para a compostagem de resíduo de abatedouro, tendo como material estruturante palha e cama de aviário.

O volume de cada resíduo de abate disponibilizado foi mensurado para proporcionalizar o volume dos demais componentes. O material estruturante foi feito com dois tipos de materiais. A parte mais externa foi feita com aparas de grama, enquanto que a parte interna foi feita com cama de aviário de corte, com quatro meses de maturação pós uso (FIGURA 3.8).

O inoculante foi aplicado em solução na proporção de 1(litro) para 50(kg) para cada um dos resíduos de abatedouro usado.

Os resíduos (de bovino, suíno e ave) utilizados na compostagem foram coletados de acordo com o respectivo dia de abate, ou seja, foram implantados três experimentos em datas diferentes e resíduo animal diferente, porém com mesma metodologia. Para cada resíduo, o experimento foi replicado em duas estações do ano (cada um em triplicata), uma iniciada no período mais quente e outra no período mais frio, a fim de avaliar a adaptabilidade e desenvolvimento do inoculante nas duas condições ambientais (TABELA 3.8).

Tabela 3.8 – Tipos de resíduo de abate oriundos do setor de Agroindústria do Instituto Federal Catarinense - Campus Camboriú, e respectivas quantidades usadas por leira construída e data de coleta.

Resíduo de abate	Quantidade/Leira (kg)	Data (período mais quente)	Data (período mais frio)
Suíno	25	22/10/2013	17/06/2014
Bovino	36,5	07/11/2013	03/06/2014
Ave	40	13/11/2013	27/05/2014

Para cada tipo de resíduo foram feitas seis leiras e, em metade delas, foi aplicado o inoculante e na outra metade somente água e em igual volume do inoculante aplicado (tratamento controle), ou seja, triplicata com inoculante e triplicata sem inoculante (com água), nas mesmas proporções. O delineamento das posições das leiras no campo usado foi inteiramente casualizado.

As variáveis mensuradas foram tomadas seguindo a metodologia já descrita no item 3.1. Os revolvimentos ocorreram no mesmo dia para as leiras com e sem o inoculante. A aplicação do inoculante e do controle ocorreram no dia da confecção das leiras e posteriormente nos dias de revolvimento.

O composto foi considerado como “maduro” quando, mesmo após os revolvimentos, a temperatura das leiras permaneceu equivalente à temperatura ambiente, não havendo alterações. Neste ponto foram coletadas amostras compostas e enviadas para o Laboratório de Solo da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI, Unidade de Chapecó/SC, para análises químicas, com o objetivo de avaliar a qualidade do composto obtido e o seu possível enquadramento na legislação vigente.

Para avaliar os tratamentos aplicados e suas interações foi citada como variável indireta o “número de dias necessários para que a temperatura do composto atingisse a metade da temperatura mais alta”.

A apresentação e análise estatística dos dados seguiu a mesma metodologia já descrita no item 3.1.

3.3.2. Resultados e discussão

O comportamento das temperaturas, no ambiente e dentro das leiras, por resíduo de abatedouro, por período, com e sem inoculante, para resíduos de suíno (FIGURAS 3.9 e 3.10), de bovinos (FIGURAS 3.12 e 3.13) e de aves (FIGURAS 3.15 e 3.16).

3.3.2.1. Resíduo de abate de suíno

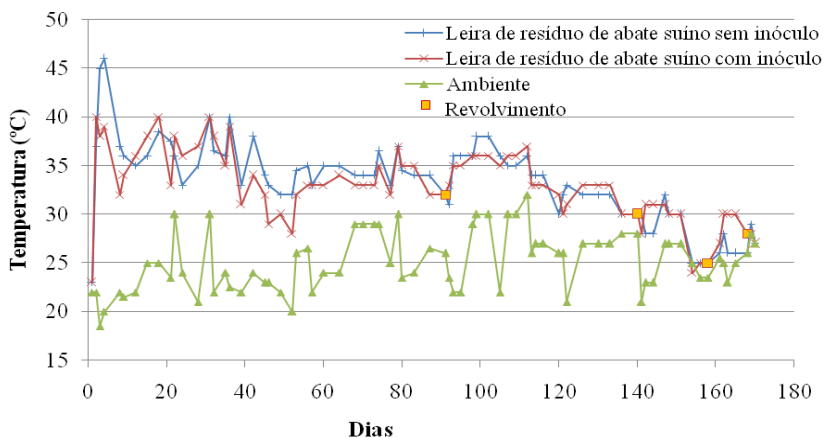


Figura 3.9 – Temperaturas internas e externas nas leiras de compostagem com resíduo de abate suíno iniciadas em 22/10/2013, ou seja, dentro do período mais quente do ano.

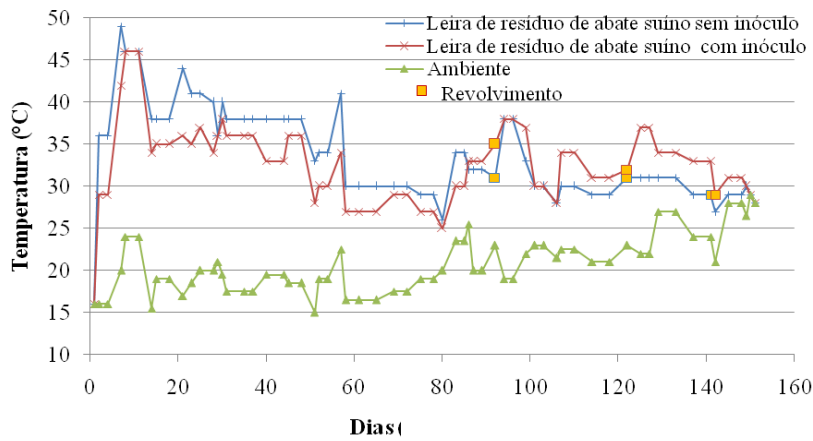


Figura 3.10 – Temperaturas internas e externas nas leiras de compostagem com resíduo de abate suíno iniciadas em 17/06/2014, ou seja, dentro do período mais frio do ano.

A análise estatística da comparação entre os tratamentos pelo teste de Kaplan-Maier, baseado no decréscimo da temperatura do interior das leiras esta sumarizada na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 - Tempo médio de cada tratamento para que a o decréscimo da temperatura do interior das leiras, em que foram usados resíduos de abatedouro de suínos, atingisse a metade do máximo observado. As curvas de sobrevivência seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais segundo o teste de Kaplan-Maier para $p \geq 0,01$.

Período	Inoculante	Tempo médio (dias)	Intervalo de confiança a 95% de probabilidade
quente	não	36	0,3526 a 0,6159
quente	sim	36	0,2954 a 0,5520
frio	não	57	0,3218 a 0,5981
frio	sim	48	0,3141 a 0,5779

Na Tabela 3.10, os maiores valores encontrados para pH e Ca foram no período frio, na leira com inoculante; enquanto que maior valor de umidade foi encontrada na leira com inoculante, no período quente. As mesmas quantidades em ambas as leiras com e sem inoculante no período frio foram encontradas em CTC. Enquanto que porcentagens maiores de P₂O₅, K₂O, Mg e CO foram observadas na leira sem inoculante, no período frio.

Tabela 3.10 – Resultado de análise química de composto orgânico oriundo de resíduo de abate suíno, com e sem inoculante, de amostras coletadas no período mais quente e mais frio do ano.

Resíduo Suíno	Presença Inoculante	Periodo frio	Periodo quente	Periodo frio	Periodo quente
		Sim	Não	Sim	Não
pH		6,8	6,7	6,3	5,8
Umidade %		58,19	48,56	60,32	47,78
P2O5 %		1,75	2,34	1,40	1,51
K2O %		0,72	0,78	0,30	0,36
Ca %		0,52	0,36	0,30	0,33
Mg %		0,30	0,51	0,23	0,21
CTC1 Mmol/kg		>500	>500	490	430
CO2 %		12,18	15,74	13,23	12,93
N %		1,03	1,03	0,70	0,84
C/N3 %		12	15	19	15

Obs.: ¹CTC – Capacidade de Troca Catiônica; ²CO – carbono orgânico; ³C/N relação carbono/nitrogênio.

Na Figura 3.11 observa-se a representatividade da Tabela 3.10 ilustrada em forma gráfica.

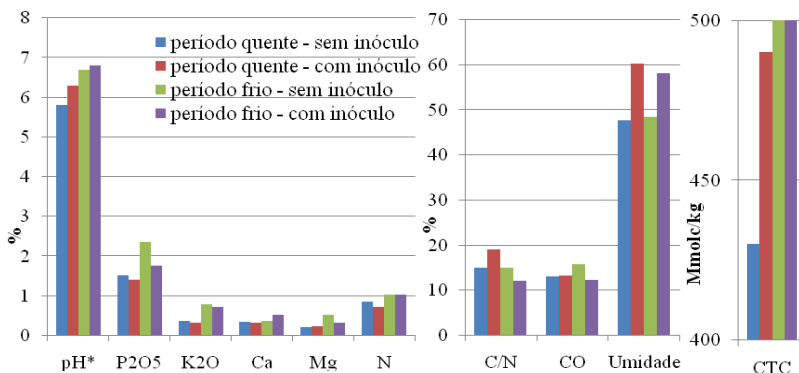


Figura 3.11 – Resultado de análise química de composto orgânico oriundo de resíduo de abate suíno, com e sem inoculante, no período mais quente e mais frio do ano. *pH – unidade de medida em íon H^+ .

Como já descrito no Capítulo 2, item 2.5, o Art. 2º da IN nº 25/2009 enquadra o fertilizante orgânico composto oriundo de resíduo de abatedouro na Classe A, com as especificações já citadas na Tabela 2.2, no qual esta IN regulamenta garantias de: umidade máxima de 50%; N total mínimo de 0,5%; Carbono orgânico mínimo de 15%; pH mínimo de 6,0; relação C/N máxima de 20; mínimo de Ca em 1% e Mg em 1%.

Para umidade, a faixa ideal fica entre 40 e 60% (KIEHL, 1985; REIS *et al.*, 2004; PEREIRA NETO, 2007). Em leiras de compostagem nota-se que à medida que a matéria orgânica se decompõe a capacidade de retenção de água aumenta em função do teor de matéria orgânica e da sua humificação (KIEHL, 1998).

Vários autores utilizam a relação C/N como parâmetro na avaliação da maturação de compostos orgânicos (KIEHL, 1985; LOUREIRO *et al.*, 2007; INÁCIO e MILLER, 2009). A relação C/N baixa (<20) é a ênfase dada pela maioria dos autores no tema como a ideal para um composto orgânico, sendo uma relação C/N em torno de 10:1 caracteriza um composto humificado, enquanto que a relação C/N >20 pode indicar que o composto não está estabilizado, ou seja, ainda sofre forte ação de microrganismos decompositores.

Segundo Kiehl (1998) a capacidade de troca catiônica (CTC) origina-se e aumenta com a decomposição da matéria orgânica. Melo *et al.* (1994) encontraram relação entre aumento da CTC com a fração húmica da matéria orgânica. De acordo com Inácio e Miller (2009), a elevada CTC do composto orgânico, conferida principalmente pelas substâncias húmicas, permite também que os nutrientes fiquem em

formas trocáveis e sejam mais bem aproveitados pelas raízes das plantas, evitando perdas por lixiviação. Este efeito é especialmente importante para o potássio, cálcio, magnésio e nitrogênio.

Macronutrientes primários ($N+P_2O_5+K_2O$) mineralizados no solo são essenciais para o desenvolvimento vegetativo. Porém, os secundários também têm sua importância. São-José *et al.* (2014) relatam, em seu estudo, o cálcio como elemento essencial na fisiologia de diversas espécies de anonáceas. A presença de cálcio favorece o crescimento vegetativo da planta e atua fortemente na sua reprodução, especialmente a partir da diferenciação floral, germinação do tubo polínico, fecundação e formação do fruto. O cálcio, como elemento formador de parede celular, é indispensável para o bom crescimento dos frutos logo após a fecundação e até sua maturidade fisiológica.

Maia *et al.* (2014) comprovam em seu estudo que o magnésio é essencial para o desenvolvimento normal das plantas e sua deficiência limita o crescimento vegetal. Esse elemento atua na fotossíntese, integrante da molécula de clorofila, e em outros processos enzimáticos.

Em relação às exigências da IN nº 25/2009, apenas o composto do período quente que não recebeu inoculante não atingiu o mínimo de pH 6; a porcentagem de Carbono orgânico acumulado foi atingida o mínimo de 15% apenas pela leira sem inoculante do período frio; houve maior potencial de retenção de umidade da leira que recebeu o inoculante em ambos os períodos, porém ultrapassando o máximo de 50%; para a concentração de N e C/N, todas leiras atingiram o mínimo de 0,5% e 20, respectivamente; e para Ca e Mg nenhuma atingiu o mínimo de 1% (TABELA 3.11).

Tabela 3.11 - Interpretação das exigências segundo IN nº 25/2009 para dados de análise química de composto de resíduo de abate de suíno, no qual os valores são representados por símbolos, onde ↑ para quanto estiver acima do limite, ↓ para quando tiver abaixo do limite, = para quando estiver dentro dos limites superiores e inferiores.

Resíduo Suíno	Presença Inoculante	pH	Umidade %	Ca %	Mg %	CO ¹ %	N %	C/N ² %
Período quente	Não	↓	=	↓	↓	↓	=	=
Período quente	Sim	=	↑	↓	↓	↓	=	=
Período frio	Não	=	=	↓	↓	=	=	=
Período frio	Sim	=	↑	↓	↓	↓	=	=

Obs.: ¹CO – carbono orgânico; ²C/N relação carbono/nitrogênio.

Observa-se na Tabela 3.11 que a umidade para as leiras com inoculante apresenta-se acima do limite definido pela IN nº 25/2009, porém tal característica pode ser facilmente corrigida com práticas de revolvimento, a fim de otimizar a evaporação da água retida (INÁCIO e MILLER, 2009).

Valores baixos de Ca e Mg apresentados na Tabela 3.11 sugerem necessidade de suplementação dessas substâncias no processo final de compostagem.

O Carbono orgânico apresenta-se na Tabela 3.11 abaixo do limite estabelecido pela IN nº 25/2009. Porém, não necessariamente representa uma desvantagem, pois o Carbono da fração humina (produto final do processo de humificação, sendo o maior componente da substância húmica do solo) é o principal responsável pelo sequestro de Carbono orgânico em solos (EBELING *et al.*, 2011; FONTANA *et al.*, 2008). Maior porcentagem de substância húmica possui relação direta com a alta quantidade de CTC apresentada na Tabela 3.10, como já discutido acima.

Para valores sugeridos por Kiehl (1985) de P₂O₅, K₂O, Ca, Mg e relação C/N para fertilizantes orgânicos, a relação C/N das leiras sem inoculante de ambos os períodos se enquadra como grau de estabilidade bom (12-18/1), a leira com inoculante do período quente se enquadra como indesejável (>18/1) enquanto que a leira com inoculante do período frio se enquadra como grau de estabilidade ótimo (8-12/1); o nível de P₂O₅ da leira sem inoculante foi alto (>1,5%), na leira com inoculante foi médio (entre 0,5 e 1,5%) no período quente e alto

(>1,5%) no período frio; K_2O , Ca e Mg em ambas as leiras se encontram em níveis baixos (<0,5%, <1,5% e <0,6, respectivamente); a umidade em ambas as leiras se encontram ideais (40-60%).

3.3.2.2. Resíduo de abate bovino

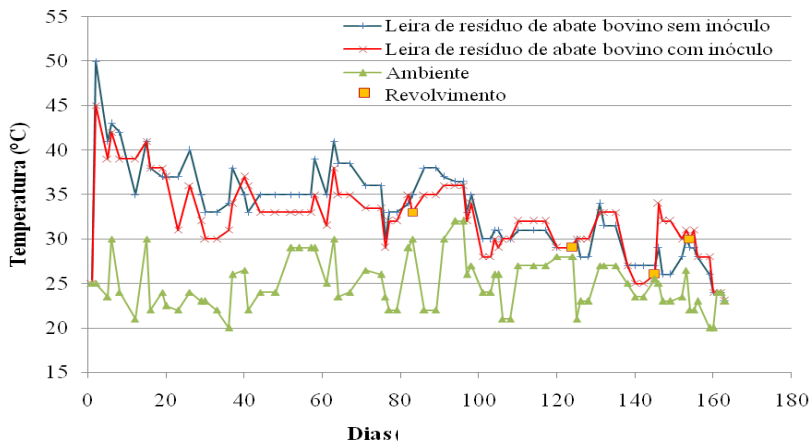


Figura 3.12 – Temperaturas internas e externas nas leiras de compostagem com resíduo de abate de bovino iniciadas em 07/11/2013, ou seja, dentro do período mais quente do ano.

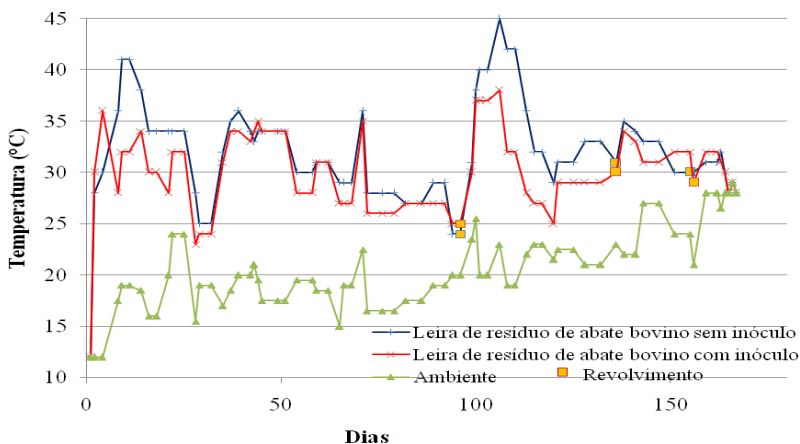


Figura 3.13 – Temperaturas internas e externas nas leiras de compostagem com resíduo de abate de bovino iniciadas em 03/06/2014, ou seja, dentro do período mais frio do ano.

A análise estatística da comparação entre os tratamentos, baseado no decréscimo da temperatura do interior das leiras esta sumarizada na Tabela 3.12.

Tabela 3.12 - Tempo gasto para que a diferença entre as temperaturas nas leiras, em que foram usados resíduos de abatedouro de bovino, atingisse a metade do decréscimo máximo observado. As curvas de sobrevivência seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais segundo o teste de Kaplan-Maier para $p \geq 0.01$.

Período	Inoculante	Tempo médio (dias)	Intervalo de confiança a 95% de probabilidade
quente	não	29	0,3675 a 0,6263
quente	sim	40	0,3586 a 0,6281
frio	não	51	0,3496 a 0,6367
frio	sim	25	0,3136 a 0,6072

Na Tabela 3.13, os maiores valores pH, K_2O , Ca, Mg e CO foram obtidos pela leira sem inoculante, no período frio. Umidade, P_2O_5 e N foram mais altos na leira com inoculante no período frio. CTC foi maior no período frio em ambos os tratamentos. C/N foi maior no período quente, na leira com inoculante.

Tabela 3.13 – Resultado de análise química de composto orgânico oriundo de resíduo de abate de bovino, com e sem inoculante, iniciados no período mais quente e no período mais frio do ano.

Repetição Bovino	Presença Inóculo	periodo		pH*	Umidade %	P2O5 %	K2O %	Ca %	Mg %	CTC Mmol/kg	CO %	N %	C/N %
		frio	quente										
	sim	6,8			61,38	1,33	0,42	0,61	0,24	>500	10,87	1,08	10
	não	7,4			56,97	1,20	0,72	0,67	0,36	>500	14,15	1,00	14
	sim	6,3			62,92	1,05	0,36	0,28	0,15	450	11,47	0,65	18
	não	6,3			57,99	1,06	0,30	0,30	0,15	500	10,77	0,75	14

Obs.: *pH – unidade de medida em íon H+.

Na Figura 3.14 observa-se a representatividade da Tabela 3.13 ilustrada em forma gráfica.

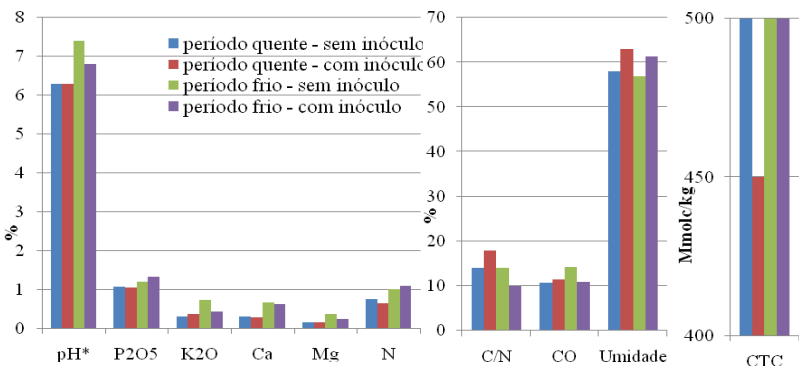


Figura 3.14 - Dados de análise química de composto orgânico oriundo de resíduo de abate bovino, com e sem inoculante, iniciados no período mais quente e no período mais frio do ano. *pH – unidade de medida em íon H+.

Em relação às exigências da IN nº 25/2009, ambas as leiras com e sem inoculante atingiram o mínimo de pH 6; a porcentagem de Carbono orgânico acumulado foi maior na leira com inoculante, porém não alcançou o mínimo de 15% exigido; houve maior potencial de retenção de umidade pela leira com inoculante, porém ambas as leiras com e sem inoculante ultrapassaram o máximo de 50%; para a concentração de N, ambas as leiras atingiram o mínimo de 0,5%; ambas as leiras se enquadram na relação C/N máxima de 20; para Ca e Mg nenhuma atingiu o mínimo de 1% (TABELA 3.14).

Tabela 3.14 - Interpretação das exigências segundo IN nº 25/2009 para dados de análise química de composto de resíduo de abate de bovino, no qual os valores são representados por símbolos, onde ↑ para quanto estiver acima do limite, ↓ para quando tiver abaixo do limite, = para quando estiver dentro dos limites superiores e inferiores.

Resíduo Bovino	Presença Inoculante	pH	Umidade %	Ca %	Mg %	CO¹ %	N %	C/N² %
Período quente	Não	=	↑	↓	↓	↓	=	=
Período quente	Sim	=	↑	↓	↓	↓	=	=
Período frio	Não	=	↑	↓	↓	↓	=	=
Período frio	Sim	=	↑	↓	↓	↓	=	=

Obs.: ¹CO – carbono orgânico; ²C/N relação carbono/nitrogênio.

Assim como demonstrado no item anterior, na Tabela 3.11, observa-se também na Tabela 3.14 que a umidade para ambas as leiras com e sem inoculante apresentam-se acima do limite definido pela IN nº 25/2009, porém tal característica pode ser facilmente corrigida com práticas de revolvimento, a fim de otimizar a evaporação da água retida (INÁCIO e MILLER, 2009).

Valores baixos de Ca e Mg apresentados na Tabela 3.14 sugerem necessidade de suplementação dessas substâncias no processo final de compostagem.

O Carbono orgânico também apresenta-se na Tabela 3.14 abaixo do limite estabelecido pela IN nº 25/2009. Porém, não necessariamente representa uma desvantagem, pois o Carbono da fração humina (produto final do processo de humificação, sendo o maior componente da substância húmica do solo) é o principal responsável pelo sequestro de Carbono orgânico em solos (EBELING *et al.*, 2011; FONTANA *et al.*,

2008). Maiores porcentagem de substância húmica possui relação direta com a alta quantidade de CTC apresentada na Tabela 3.10, como discutido anteriormente.

Para a escala de valores de P_2O_5 , K_2O , Ca, Mg e relação C/N sugerida por Kiehl (1985) para fertilizantes orgânicos, a relação C/N da leira sem inoculante se enquadra como grau de estabilidade bom (12-18/1), enquanto que com inoculante se enquadra como indesejável ($>18/1$); o nível de P_2O_5 de ambas as leiras com e sem inoculante é médio (entre 0,5 e 1,5%); K_2O , Ca e Mg em ambas se encontram no nível baixo ($<0,5\%$, $<1,5\%$ e $<0,6$, respectivamente); a umidade se encontra dentro do ideal na leira sem inoculante (40-60%) e excessiva na leira com inoculante ($>60\%$).

3.3.2.3 Resíduo de abate de aves

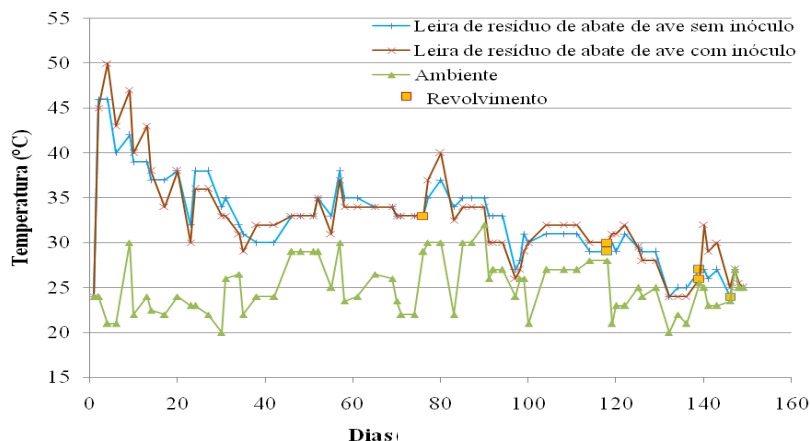


Figura 3.15 – Temperaturas internas e externas nas leiras de compostagem com resíduo de abate de aves iniciadas em 13/11/2013, ou seja, dentro do período mais quente do ano.

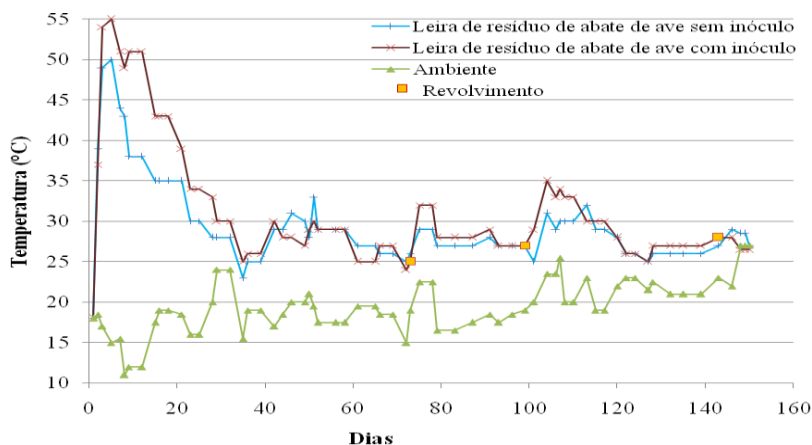


Figura 3.16 – Temperaturas internas e externas nas leiras de compostagem com resíduo de abate de aves iniciadas em 27/05/2014, ou seja, dentro do período mais frio do ano.

Em ambas as repetições sem inoculante houve maior quantidade de penas não degradadas. As curvas de decomposição não apresentaram diferenças significativas pelo teste de Kaplan-Maier que pode ser

atribuído a grande variação dos dados refletidos no intervalo de confiança (TABELA 3.15).

Tabela 3.15 - Tempo médio para que a temperatura nas leiras, em que foram usados resíduos de abatedouro de aves, atingisse a metade do máximo observado. As curvas de sobrevivência seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais segundo o teste de Kaplan-Maier para $p \geq 0.01$.

Período	Inoculante	Tempo médio (dias)	Intervalo de confiança a 95% de probabilidade
quente	não	35	0,3601 a 0,6293
quente	sim	20	0,3298 a 0,5840
frio	não	32	0,3218 a 0,5981
frio	sim	32	0,3080 a 0,5654

Na Tabela 3.16, observa-se os maiores valores obtidos para pH, umidade, Ca e C/N para leira sem inoculante, no período frio. P_2O_5 e Mg foram mais altos na leira com inoculante, no período quente. K_2O e N foram maiores para leira com inoculante, no período frio. CO foi maior na leira sem inoculante, no período quente. E CTC foi mais alto em ambas as leiras no período frio.

Tabela 3.16 – Resultado da análise química do composto orgânico oriundo de resíduo de abate de ave, com e sem inoculante, em duas estações do ano.

Repetição Ave	Presença Inoculante	pH	Umidade %	P2O5 %	K2O %	Ca %	Mg %	CTC Mmol/kg	CO %	N %	C/N %
período quente	Não	5,2	55,19	1,37	0,54	0,29	0,24	345	10,89	1,07	10
período quente	Sim	5,1	59,73	1,47	0,42	0,28	0,27	350	9,76	0,88	11
período frio	Não	6,1	63,20	1,11	0,54	0,56	0,22	>500	9,64	0,44	22
período frio	Sim	5,7	57,43	1,17	1,02	0,30	0,15	>500	10,65	1,08	10

Na Figura 3.17 observa-se a representatividade da Tabela 3.16 ilustrada em forma gráfica.

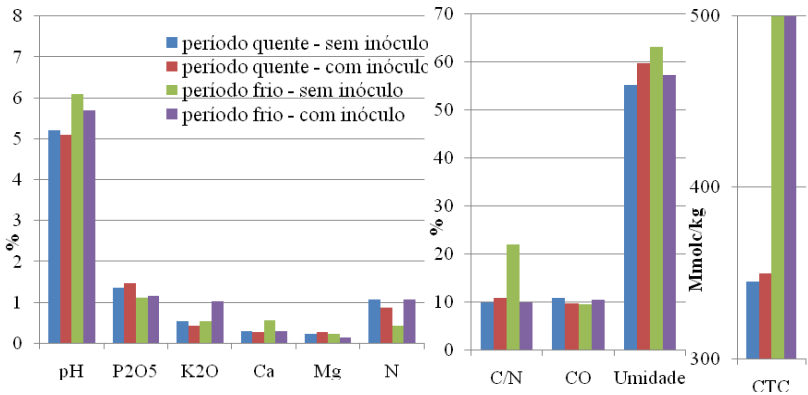


Figura 3.17 – Dados de análise química do composto orgânico oriundo de resíduo de abate de ave, com e sem inoculante, em duas estações do ano. *pH – unidade de medida em íon H⁺.

Em relação às exigências da IN nº 25/2009, apenas a leira sem inoculante do período frio atingiu o mínimo de pH 6. Todas as leiras ultrapassaram o máximo de 50% de umidade. Nenhuma leira atingiu o valor mínimo de C orgânico 15%. Para a concentração de N, com exceção da leira sem inoculante período frio, ambas as leiras atingiram o mínimo de 0,5% e se enquadram na relação C/N máxima de 20. Para Ca e Mg nenhuma atingiu o mínimo de 1% (TABELA 3.17).

Tabela 3.17 - Interpretação das exigências segundo IN nº 25/2009 para dados de análise química de composto de resíduo de abate de ave, no qual os valores são representados por símbolos, onde ↑ para quanto estiver acima do limite, ↓ para quando tiver abaixo do limite, = para quando estiver dentro dos limites superiores e inferiores.

Resíduo Ave	Presença Inoculante	pH	Umidade %	Ca %	Mg %	CO ¹ %	N %	C/N ² %
Periodo quente	Não	↓	↑	↓	↓	↓	=	=
Periodo quente	Sim	↓	↑	↓	↓	↓	=	=
Periodo frio	Não	=	↑	↓	↓	↓	↓	↑
Periodo frio	Sim	↓	↑	↓	↓	↓	=	=

Obs.: ¹CO – carbono orgânico; ²C/N relação carbono/nitrogênio.

Da mesma forma como apresentado nos itens anteriores para compostagem de resíduo de abate suíno e bovino, observa-se para compostagem de resíduo de abate de ave na Tabela 3.17 que a umidade para as leiras com inoculante apresenta-se acima do limite definido pela IN nº 25/2009, porém tal característica pode ser facilmente corrigida com práticas de revolvimento, a fim de otimizar a evaporação da água retida (INÁCIO e MILLER, 2009).

Valores baixos de Ca e Mg apresentados na Tabela 3.17 sugerem necessidade de suplementação dessas substâncias no processo final de compostagem.

O Carbono orgânico apresenta-se na Tabela 3.17 abaixo do limite estabelecido pela IN nº 25/2009. Porém, não necessariamente representa uma desvantagem, pois o Carbono da fração húmica (produto final do processo de humificação, sendo o maior componente da substância húmica do solo) é o principal responsável pelo sequestro de Carbono

orgânico em solos (EBELING *et al.*, 2011; FONTANA *et al.*, 2008). Maiores porcentagem de substância húmica possui relação direta com a alta quantidade de CTC apresentada na Tabela 3.16, como já discutido anteriormente.

A Tabela 3.17 demonstra que os valores de pH em sua maioria está abaixo do limite admitido pela IN nº 25/2009. Segundo Schnitzer (1982), os ácidos húmicos em associação com colóides do solo formam complexos insolúveis em pH inferior a 6,5, possibilitando a imobilização e/ou o acúmulo dessa fração em solos ácidos.

Apenas a compostagem de resíduo de ave no período frio do ano não atingiu a quantidade ideal de N e relação de C/N definida pela IN nº 25/2009, como demonstrado na Tabela 3.17. Sugere-se o uso do inoculante para melhoria do composto neste período.

Para a escala de valores de P_2O_5 , K_2O , Ca, Mg e relação C/N sugerida por Kiehl (1985) para fertilizantes orgânicos, a relação C/N da leira sem inoculante, período frio, se enquadra como indesejável ($>18/1$), enquanto que as demais se enquadram como grau de estabilidade ótimo (8-12/1). O nível de P_2O_5 de ambas as leiras com e sem inoculante é médio (entre 0,5 e 1,5%). K_2O é considerado baixo na leira com inoculante, período quente, ($<0,5\%$) e médio nas demais (entre 0,5 e 1,5%). Ca e Mg em ambas se encontram no nível baixo ($<1,5\%$ e $<0,6$, respectivamente). Umidade se encontra ideal em ambas as leiras (40-60%), com exceção da leira sem inoculante, período frio ($>60\%$).

O relatório oficial das análises da 1ª e 2ª repetição (TABELAS 3.10, 3.14 e 3.17) estão disponíveis em <http://solosch.epagri.sc.gov.br/>, com selo digital de fiscalização B431AA59-4949-46E8-B68F-7669CB7B4A82 e 67FA6491-4465-4507-A1E5-053DDB507D1B, respectivamente (ANEXOS 3.3 e 3.4).

3.3.2.4 Comparação entre os diferentes tipos de resíduo em função dos tratamentos aplicados

A comparação entre os diferentes tipos de resíduo em função dos tratamentos aplicados foi feita com base na variável “dias tomados para que a temperatura das leiras baixasse 50%”. Por esta variável ter apresentado distribuição normal (pelo teste de Shapiro-Wilk, $p=0,14$) e Homocedasticidade (pelo teste de Brown-Forsythe, $p\sim 1$), foi feita uma ANOVA fatorial cujo resultado está mostrado na tabela 3.19.

Tabela 3.18 – Análise de variância em esquema fatorial para os fatores: Inoculante, Período do Ano e Tipo de Resíduo de Abatedouro e suas interações para a variável “dias tomados para que a temperatura das leiras baixasse 50%”.

Fatores	GL	p
Inoculante (1)	1	***
Período do ano (2)	1	***
Resíduo de abatedouro (3)	2	***
(1) x (2)	1	***
(1) x (3)	2	***
(2) x (3)	2	***
(1) x (2) x (3)	2	***
Erro	24	

Obs.: Diferença *** altamente significativa ($\alpha = 0,001$). GL = Grau de liberdade: n° de fatores -1.

Por terem apresentado diferenças significativas para todos os fatores analisados, para cada um deles foi construído gráfico ilustrativo.

Na Figura 3.18 é demonstrada a eficiência do inoculante para atingir mais rapidamente a média de dias para que 50% de queda da temperatura máxima.

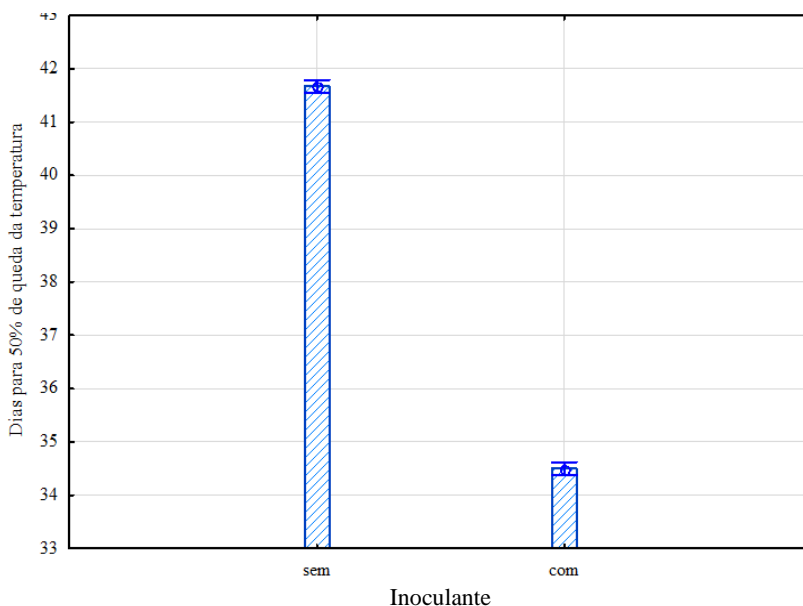


Figura 3.18 - Média de dias para que 50% de queda da temperatura máxima, para os fatores presença e ausência de inoculante, para compostagem de resíduo

de abate de suíno, de bovino e de ave, nos períodos quente e frio. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.

Observa-se na Figura 3.19 que o período quente atingiu mais rapidamente a média de dias para 50% de queda da temperatura, um efeito geralmente associado ao aumento de temperatura ambiente que usualmente acelera os processos de decomposição.

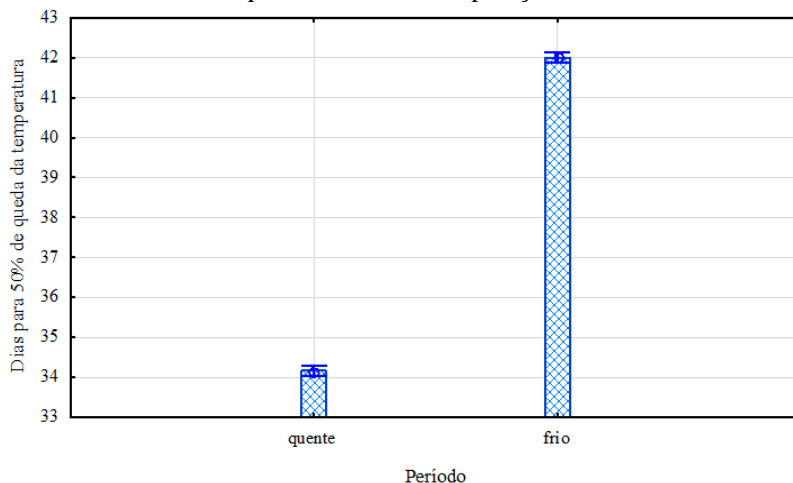


Figura 3.19 - Média de dias para que 50% de queda da temperatura, para os períodos quente e frio, para compostagem de resíduo de abate de suíno, de bovino e de ave, com e sem inoculante. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.

Herbets *et al.* (2005) constataram que, quanto mais elevada for a temperatura, mais rapidamente se processará a decomposição. Umidade e temperatura favorecem a velocidade de decomposição de material orgânico (SOUTO *et al.*, 2005; ÁLVARES *et al.*, 1995; CATTELAN e VIDOR, 1990). Para Wardle e Parkinson (1990), atributos químicos e variáveis macroclimáticas considerados em conjunto são usualmente capazes de explicar a variação global da atividade e dos teores de composição de biomassa microbiana.

Na Figura 3.20 observa-se que a compostagem de resíduo de ave obteve a menor média de dias para queda de 50% da temperatura, seguida de bovino, sendo a mais longa a compostagem de resíduo de abate suíno.

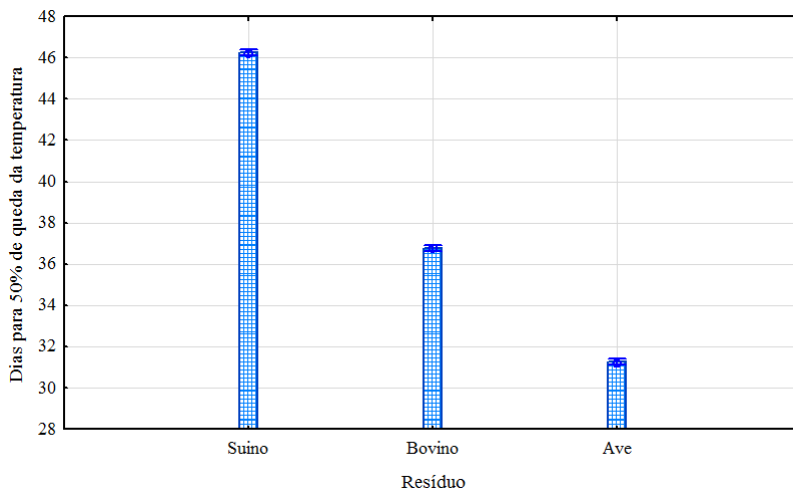


Figura 3.20 - Média de dias para 50% de queda da temperatura para compostagem de resíduo de abate de suíno, de bovino e de ave, com e sem inoculante, períodos quente e frio. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.

Resultados similares são encontrados no tempo total para maturação e estabilização das leiras, no qual a compostagem de resíduo de ave obteve menor tempo total (FIGURAS 3.15 e 3.16), seguida de bovino (FIGURAS 3.12 e 3.13), sendo a compostagem de resíduo de abate suíno a mais longa (FIGURAS 3.9 e 3.10).

Como já abordado na Figura 3.19, observa-se na Figura 3.21 que o período quente com inoculante atingiu com maior eficiência a média de dias para 50% de queda da temperatura.

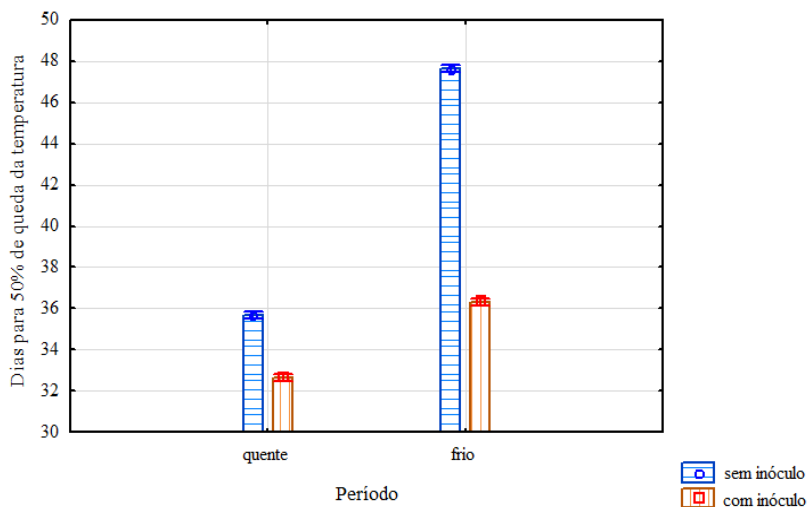


Figura 3.21 - Média de dias para 50% de queda da temperatura para os períodos quente e frio, na presença e ausência de inoculante para compostagem de resíduo de abate de suíno, de bovino e de ave. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.

Como já abordado na Figura 3.20, observa-se na Figura 3.22 que a compostagem de resíduo de abate de ave atingiu mais rapidamente a média de dias para 50% de queda da temperatura, seguida da compostagem de resíduo de abate bovino e suíno. Como já demonstrado e comentado na Figura 3.18, nota-se na Figura 3.22 a eficiência da presença do inoculante para atingir com maior rapidez a média de dias para 50% de queda da temperatura.

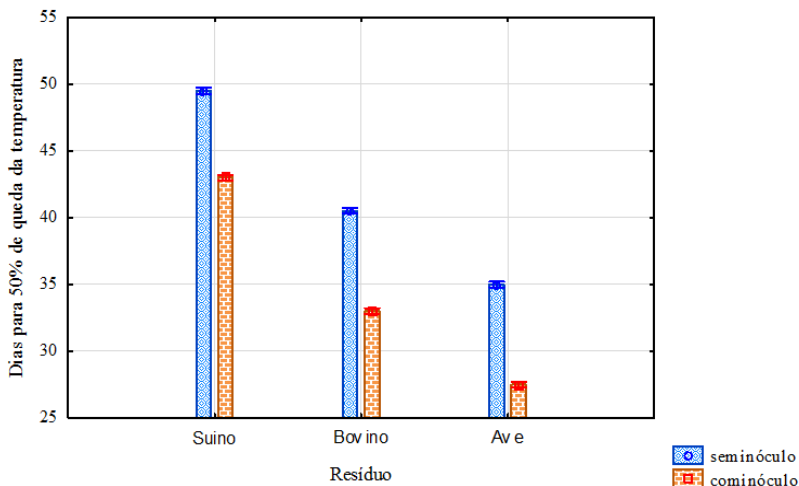


Figura 3.22 - Média de dias para 50% de queda da temperatura para compostagem de resíduo de abate de suíno, de bovino e de ave na presença e ausência de inoculante, nos períodos quente e frio. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.

Assim como já demonstrado e comentado na Figura 3.20, observa-se na Figura 3.23 que a compostagem de resíduo de abate de ave atingiu mais rapidamente a média de dias para 50% de queda da temperatura, seguida da compostagem de resíduo de abate bovino e suíno. Em ambos os resíduos, seguindo a mesma ordem anterior, todos atingiram com maior rapidez a média de dias para 50% de queda da temperatura máxima no período quente.

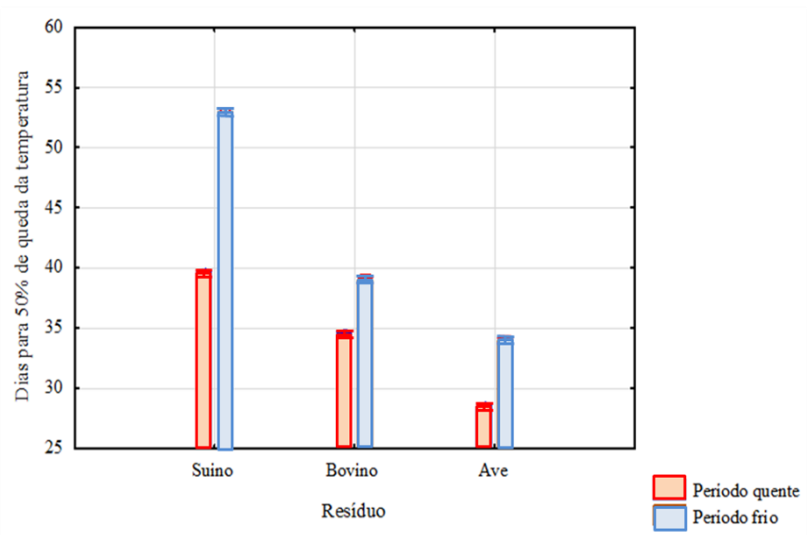


Figura 3.23 - Média de dias para que 50% de queda da temperatura máxima para compostagem de resíduo de abate suíno, bovino e ave nos períodos quente e frio. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.

A Figura 3.24 demonstra que, para atingir a média de dias para 50% de queda da temperatura máxima, na ausência do inoculante o período quente foi mais eficiente para os compostos de resíduo de abate suíno e bovino, porém para ave houve discreta eficiência para período frio.

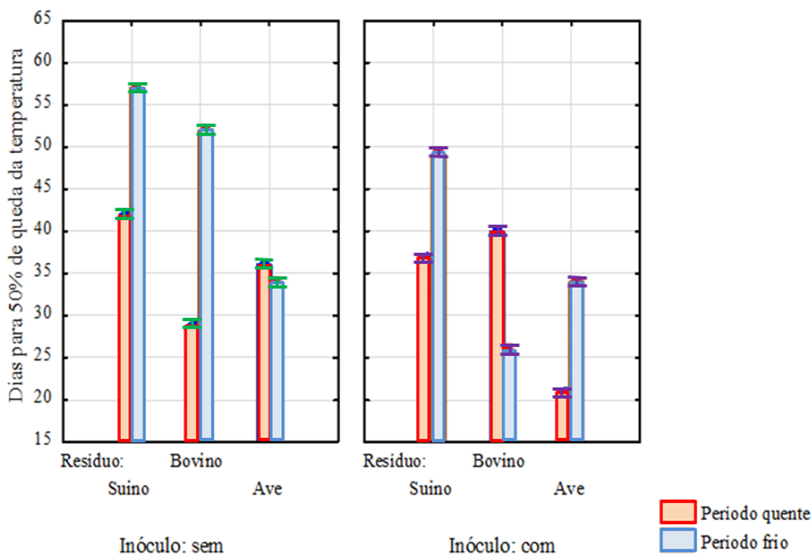


Figura 3.24 - Média de dias para 50% de queda da temperatura para compostagem de resíduo de abate de suíno, de bovino e de ave na presença e ausência de inoculante, nos períodos quente e frio. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.

Na presença do inoculante, a Figura 3.24 ilustra que o composto de resíduo de abate de ave obteve maior desempenho no período quente, assim como o resíduo de suíno, enquanto que o resíduo bovino na presença de inoculante obteve melhor desempenho no período frio. No caso do resíduo de abate bovino, houve inversão nos valores nos períodos estudados, pois o bovino possui alimentação distinta no inverno em relação ao verão, com pastagens diferentes semeadas entre inverno e verão no setor de bovinocultura do IFC-CAM, além do uso de silagem (forragem verde conservada por meio de processo de fermentação anaeróbica) na alimentação de inverno.

Comparando a eficiência do inoculante entre os resíduos, períodos e sua presença e ausência, a Figura 3.24 mostra que houve maior eficiência do inoculante para a compostagem de resíduo de abate de ave no período quente.

Nas leiras sem inoculante, após o 1º revolvimento, observou-se visualmente maior ocorrência de pedaços de gordura não degradada em resíduo de abate suíno, conteúdo ruminal em resíduo de abate bovino e penas em resíduo de abate de ave, em comparação com as leiras com

inoculante, a quantidade dessas substâncias encontrada foi inferior.

Henderson e Block (2014) descrevem a importância para *S. cerevisiae* no acondicionamento de ácidos graxos insaturados (gordura) na sua membrana celular. Concluem em seu estudo que as concentrações elevadas de ácidos graxos insaturados de cadeia mais longa e ergosterol (um tipo de colesterol) são necessários para aumentar a capacidade de levedura de tolerar concentrações elevadas de etanol que ele mesmo produz. Além disso, níveis elevados de fosfatidilinositol (lipídio com uma parte hidrofílica e outra hidrofóbica) em sua célula também podem contribuir para a capacidade deste organismo para tolerar altas concentrações de etanol durante o crescimento.

Knoblach e Rachubinski (2015) demonstram em seu estudo a necessidade para *S. cerevisiae* na absorção e armazenagem de quantidades extras de gotículas lipídicas, essas sendo estruturas celulares onipresentes no microrganismo, envolvidas na homeostase energética e no seu metabolismo, sendo considerado como depósitos inertes simples de lipídios. A retenção de gotículas de lipídios ocorre no retículo endoplasmático perinuclear, sendo repartidos entre célula-mãe e filha na divisão celular.

O conteúdo ruminal oriundo da compostagem de resíduo de abate bovino possui grande quantidade de celulose. Gong *et al.* (2014) constataram o potencial de *S. cerevisiae* na conversão de materiais celulósicos em etanol, com alta produtividade, indicando seu uso em larga escala industrial.

Vários autores descrevem a dificuldade na biodecomposição de penas de aves, por ser uma estrutura composta de queratina, esta sendo uma proteína muito resistente (HADAS e KAUTSKY, 1994; WANG *et al.*, 2014; YAMAOKA *et al.*, 2014; KUMAS *et al.*, 2014; PEREIRA *et al.*, 2014).

Alguns autores vêm realizando pesquisas com microrganismos diversos para acelerar o processo de decomposição de penas, sendo *B. subtilis* descrito como produtor de queratinase, enzima que degrada queratina (GO *et al.*, 2015; LIU *et al.*, 2014; GUPTA e SINGH, 2014; SILVA *et al.*, 2014; SINGH *et al.*, 2014).

Qiu *et al.* (2014) constatou o uso de *S. cerevisiae* para conversão de hidrolisado de penas em glutathione (antioxidante hidrossolúvel). A hidrólise consiste na quebra das moléculas de proteínas em peptídeos menores por processos químicos ou enzimáticos. Devido à sua via glicolítica, *S. cerevisiae* foi utilizado para gerar ATP como precursor para converter hidrolisado de penas em glutathione em escala industrial.

Sendo assim, o inoculante estudado se mostrou eficiente para

compostagem de resíduo de abate suíno nos períodos quente e frio do ano, bovino no período frio e ave no período quente do ano.

Para se enquadrar na legislação vigente estudada (IN nº 25/2009), há a necessidade ainda de melhorias no processo de compostagem de resíduo de abate bovino, suíno e de ave, adequando a porcentagem de umidade que apresenta-se acima do limite definido, otimizar a mineralização de Ca e Mg, aumentar a quantidade de Carbono orgânico disponível ao fim do processo e, apenas no caso da compostagem de resíduo de abate de ave, enquadrar o pH ideal definido na legislação (BRASIL, 2009).

CAPÍTULO 4

4 Análise sensorial dos odores

O objetivo deste capítulo foi avaliar os odores de cada produto obtido com e sem a presença do inoculante, e dimensionar eventuais efeitos dos tratamentos aplicados sobre o odor.

4.1 Material e Métodos

A avaliação foi feita pelo método direto, tendo o olfato humano como sensor, seguindo, com adaptações, a metodologia de Mori *et al.* (1998) descrita em seguida.

Foi formada uma banca avaliadora constituída de 14 pessoas, sendo sete homens e sete mulheres, com idades de 14 a 66 anos, ambos sem treinamento para análise sensorial. As avaliações foram todas feitas no dia 23 de dezembro de 2014, em uma sala, com temperatura constante de 24°C mantida com a ajuda de um equipamento climatizador. Duzentos e cinquenta gramas de amostras de todos os tratamentos foram acondicionados individualmente em recipientes de vidro de 500ml vedados. Após 24h horas vedados, os frascos com as amostras foram disponibilizados para os avaliadores em uma mesa (FIGURA 4.1).



Figura 4.1 – Análise sensorial de amostras de composto orgânico de resíduo de abate bovino, suíno e de ave, com e sem inoculante, dos períodos quente e frio: a) Amostra de composto orgânico identificada por fita colorida; b) Disposição das amostras na sala para a análise sensorial.

Primeiramente, cada integrante da banca se posicionou em frente

a uma mesa com uma amostra, abriu o recipiente e a cheirou e logo em seguida o fechou. Em uma folha de papel, cada avaliador descreveu o(s) odor(es) percebido(s). Em seguida, o grupo se reuniu e discutiu quais os odores mais evidentes encontrados em cada tipo de amostra. Após esta fase, cada odor considerado como evidente, foi classificado quanto à intensidade segundo uma escala de notas de 0 a 6 (VDI, 1992).

Como pressupostos necessários para a aplicação da análise de variância, os dados foram avaliados quanto a sua normalidade (utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (utilizou-se o teste de Brown-Forsythe) e quando pelo menos um destes pressupostos não foi atendido, a análise foi feita usando o módulo GLM (Generalized Linear Model). Segundo Myers *et al.*, (2010), o GLM não requerem a suposição de que os dados seguem uma distribuição normal, pois o mesmo explora a distribuição aparente dos dados. Além disso, a variância constante não é um problema no GLM, que baseia a sua análise sobre a variação natural da distribuição dos dados. A escolha da função de ligação proporciona ao analista uma grande flexibilidade nos modelos não-lineares utilizados para ajustar os dados, não perdendo nenhum dos principais elementos acomodando bem as noções de edição de modelo, parcelas de diagnóstico, parcelas de efeito, e assim por diante.

As análises de Variância foram feitas em esquema fatorial – ANOVA – fatorial, com o auxílio do pacote estatístico Statistica versão 6.0 (Statsoft, Tulsa, Estados Unidos). Somente para os efeitos com diferença significativa foram elaborados gráficos ilustrativos usando as médias estatísticas não balanceadas. Este procedimento foi aplicado para cada tipo resíduo de abatedouro.

4.2 Resultados e discussão

Segundo análise dos avaliadores, os odores principais identificados foram: para os resíduos de suíno – de terra, mofo e turfa; para os resíduos de bovino – de terra, grama e amônia; e para de aves - de terra, mofo e estrume.

4.2.1 Resíduo de abate de suíno

Os dados das notas atribuídas para os odores de resíduos de suínos não apresentaram distribuição normal e nem homocedasticidade (Tabela 4.1). Por esta razão, procedeu-se a análise usando o módulo GLM. O resultado da Análise de Variância por fatores, está mostrado na tabela 4.2.

Tabela 4.1 - Teste de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e de homocedasticidade (teste de Brown-Forsythe) para notas de odores de composto de resíduo de abate suíno.

Variáveis	Normalidade	Homocedasticidade
	<i>p</i>	
Terra	0,037**	1,000n.s.
Mofo	0,000***	0,240n.s.
Turfa	0,000***	0,781n.s.

Obs. Diferenças ** mediamente significativa ($\alpha= 0,01$); *** altamente significativa ($\alpha= 0,001$); n.s. = não significativa.

Tabela 4.2 – Análise de variância em esquema fatorial para os fatores: Inoculante, Período do ano e suas interações com o resíduo de abate suíno.

Fatores	GL	Variáveis		
		Terra	Mofo	Turfa
Inoculante (1)	1	***	***	***
Período do ano (2)	1	***	***	n.s.
(1) x (2)	1	n.s.	***	n.s.
Erro	48			

Obs. Diferenças *** altamente significativa ($\alpha= 0,001$); n.s. = não significativa.

Na Figura 4.2a observa-se que, no período quente, os odores foram mais intensos, que no período frio, sendo observada diferença significativa para os odores de terra e de mofo (TABELA 4.2), mas no composto que recebeu o inoculante, tais odores foram diminuídos significativamente (FIGURA 4.2b) (TABELA 4.2), atestando a eficiência do uso o inoculante.

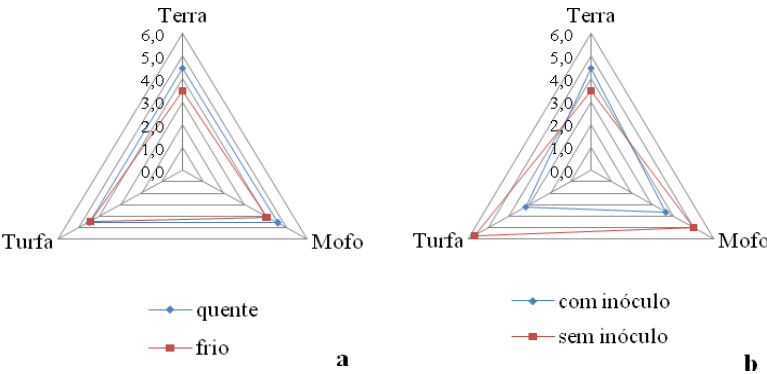


Figura 4.2 – Quantificação dos principais odores identificados nas leiras de compostagem de resíduo de suínos. a) no período quente e frio do ano; b) com e sem a aplicação do inoculante.

Considerando que o odor de turfa é similar ao de folhas em decomposição, o de mofo como decorrente de atividade microbiológica da decomposição, e o de terra como típico de material cuja a decomposição foi estabilizada, a análise do balanço entre eles, quando associado ao resultado da sua respectiva análise química, anteriormente já discutida (TABELA 3.10), pode dar uma visão do processo de decomposição como um todo. No composto com inoculante o nível de N é maior do que no sem o inoculante (TABELA 3.10), mas para o C orgânico (fonte de N ainda por ser liberada pela decomposição) esta relação é invertida, logo, deduz-se que o odor menos ofensivo (o de terra) observado no composto com inoculante é possivelmente decorrente de uma decomposição mais completa da parte orgânica do resíduo de abatedouro (FIGURA 4.3).

A Figura 4.3 demonstra que o odor de terra é muito mais expressivo nas leiras com inoculante, indicando a sua efetividade para promover uma decomposição mais completa do resíduo de abatedouro, eliminando odores ofensivos.

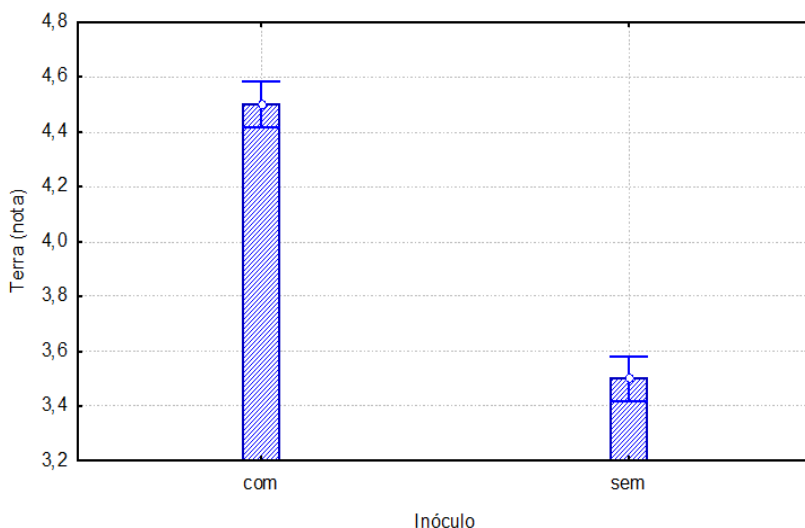


Figura 4.3 – Quantificação do odor de terra em compostagem de resíduo de abate suíno em relação à presença ou ausência de inoculante (as barras verticais indicam um intervalo de confiança de 0,95).

Na Figura 4.4 observa-se que o odor de terra em compostagem de resíduo de abate suíno foi superior no período quente, um efeito

geralmente associado ao aumento de temperatura que usualmente acelera os processos de decomposição.

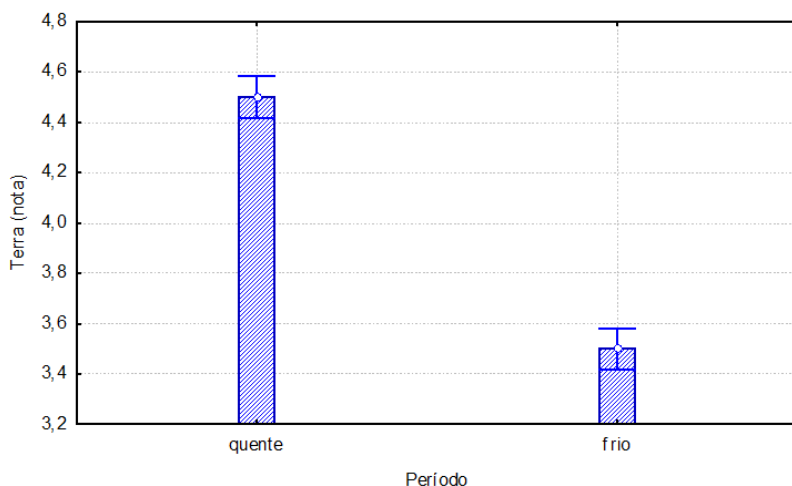


Figura 4.4 – Quantificação do odor de terra em compostagem de resíduo de abate suíno com e sem inoculo em relação ao período de repetição do experimento (as barras verticais indicam um intervalo de confiança de 0,95).

Observa-se na Figura 4.5 que o odor de mofo em compostagem de resíduo de abate suíno foi menor na presença do inoculante no período frio, indicando a maior efetividade do inoculante para diminuir o odor de mofo a temperaturas mais baixas, logo a temperatura e a aplicação do inoculante mostram interação significativa (TABELA 4.2).

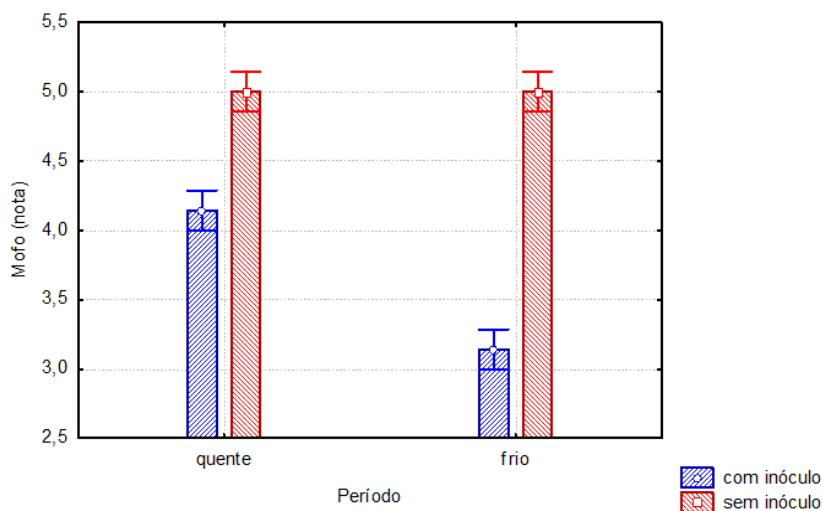


Figura 4.5 – Quantificação do odor de mofo em compostagem de resíduo de abate suíno com e sem inoculante em relação ao período do ano. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.

A Figura 4.6 demonstra que o odor de turfa é muito mais expressiva nas leiras sem inoculante, indicando a efetividade do inoculante para promover a eliminação do odor ofensivo.

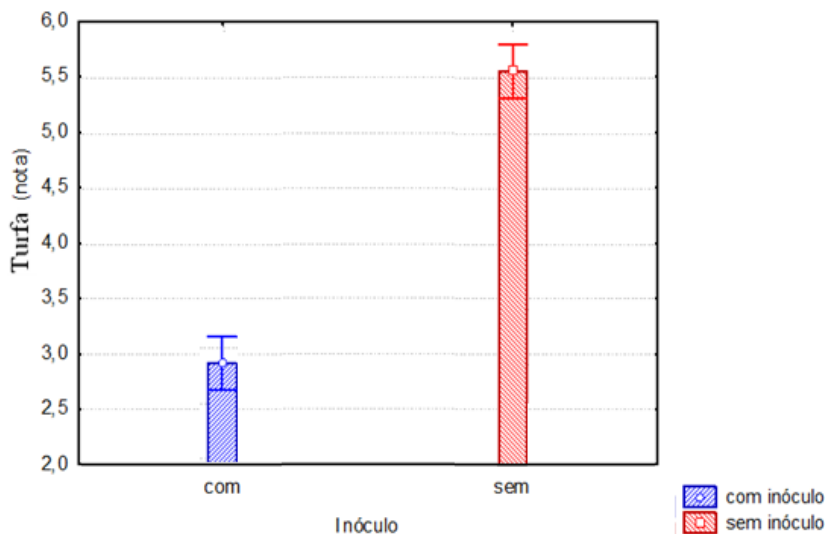


Figura 4.6 – Quantificação do odor de turfa em compostagem de resíduo de abate suíno com e sem inoculante em relação ao período do ano. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.

4.2.2 Resíduo de abate de bovino

Os dados das notas atribuídas para os odores de resíduos de bovino não apresentaram distribuição normal e nem homocedasticidade para todas as variáveis (Tabela 4.3), portando a ANOVA - fatorial foi conduzida usando o módulo GLM.

Tabela 4.3 - Teste de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e de Homocedasticidade (teste de Brown-Forsythe) para notas de odores de composto de resíduo de abate de bovino.

Variáveis	Normalidade	Homocedasticidade
	<i>p</i>	
Terra	0,0002***	0.034290*
Mofo	0,00027***	1.000000 n.s.
Turfa	0,00001***	0.421197 n.s.

Obs. Diferenças *significativa ($\alpha= 0,05$); ** mediamente significativa ($\alpha= 0,01$); *** altamente significativa ($\alpha= 0,001$); n.s. = não significativa.

Tabela 4.4 – Análise de variância em esquema fatorial para os fatores: Inoculante, Período do ano e suas interações com o resíduo de abate bovino.

Fatores	Variáveis			
	GL	Terra	Gramma	Amônia
Inoculante (1)	1	***	***	***
Período do ano (2)	1	***	n.s.	***
(1) x (2)	1	***	n.s.	***
Erro	48	n.s.	n.s.	n.s.

*** Diferença significativa >0,001; n.s. = não significativa para 0,5.

Observou-se que todos os tipos de odores, identificados nas leiras de compostagem de resíduo de abate bovino, foram influenciados significativamente pela presença do inoculante e que, exceto para o odor de grama, eles também foram influenciados significativamente pelo período do ano (TABELA 4.4).

Comparando os tipos de odores nos períodos quente e frio, nota-se que o de amônia (NH₃) foi o quantificado como o mais ofensivo, o de grama quantificado como discreto e o de terra como o menos ofensivo (FIGURA 4.7).

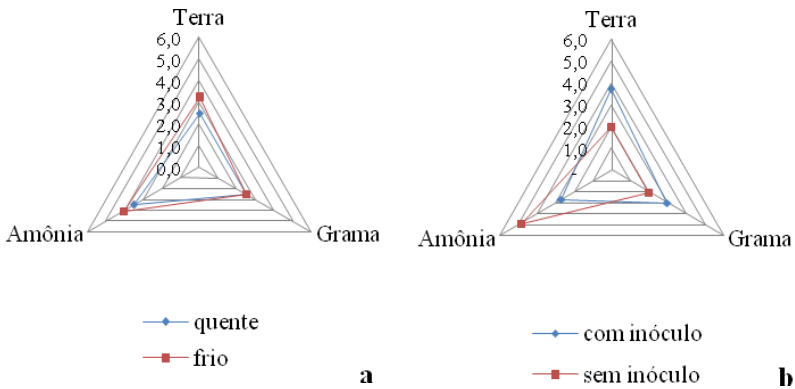


Figura 4.7 – Quantificação dos principais odores identificados nas leiras de compostagem de resíduo de abate bovino. a) no período quente e frio do ano; b) com e sem a aplicação do inoculante.

Observa-se na Figura 4.8 e 4.9 a predominância do odor de grama na presença do inoculante, porém na Figura 4.10 nota-se que o odor de amônia é superior na ausência do inoculante, indicando que ela tenha

sido desdobrada para os odores de terra e de grama, diminuindo a ofensividade do produto.

Para o odor terra, foi observada interação com o período do ano (TABELA 4.4) que aumentou, com a presença do inoculante, no período mais quente (FIGURA 4.9). Também foi observada interação significativa para o período para o odor de amônia, que diminuiu com a presença do inoculante no período mais quente (FIGURA 4.10) indicando que a ação do inoculante é mais perceptiva somente no período mais quente do ano.

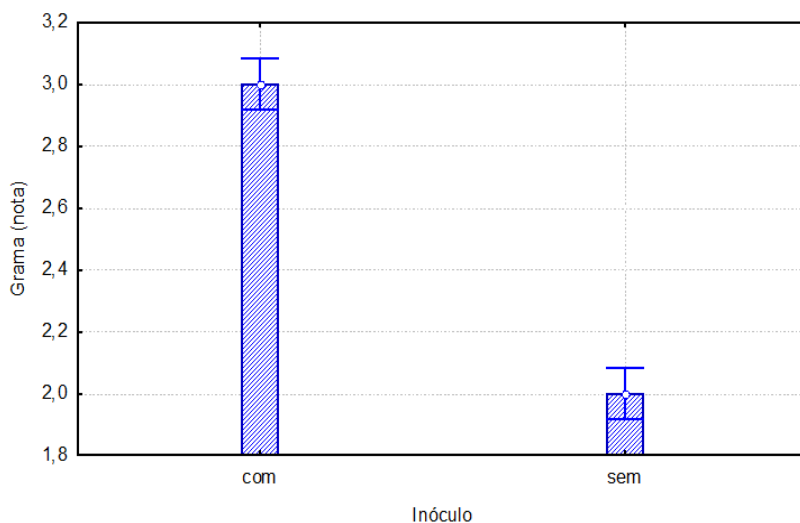


Figura 4.8 – Quantificação do odor de grama em compostagem de resíduo de abate bovino em relação à presença ou ausência de inoculante. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.

Figura 4.10 observa-se que o odor de terra em compostagem de resíduo de abate bovino com e sem inoculante em relação ao período de repetição do experimento foi superior no período quente.

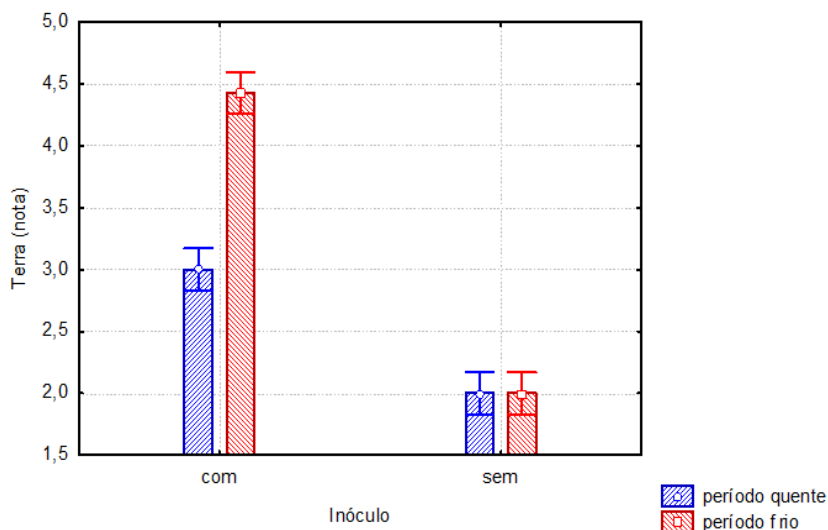


Figura 4.9 – Quantificação do odor de terra em compostagem de resíduo de abate bovino com e sem inoculante em relação ao período do ano. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.

Na Figura 4.10 observa-se que o odor de amônia em compostagem de resíduo de abate bovino com e sem inoculante em relação ao período de repetição do experimento foi superior no período frio.

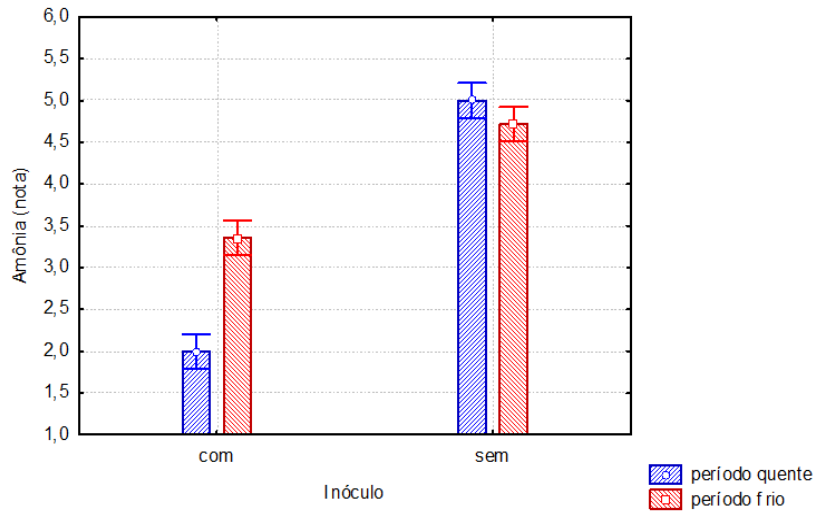


Figura 4.10 – Quantificação do odor de amônia em compostagem de resíduo de abate bovino com e sem inoculante em relação ao período de repetição do experimento. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.

Na mesma proporção, níveis superiores de N descritos na análise química (TABELA 3.13) indicam porcentagem superior no período quente na leira sem inoculante, enquanto que no período frio N foi superior na leira com inoculante.

4.2.3 Resíduo de abate de ave

Os dados das notas atribuídas para os odores de resíduos de ave não apresentaram distribuição normal e nem homocedasticidade (Tabela 4.5). Por esta razão, procedeu-se a análise usando o modulo GLM. O resultado da Análise de Variância por fatores, esta mostrado na Tabela 4.6.

Tabela 4.5 - Teste de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e de Homocedasticidade (teste de Brown-Forsythe) para notas de odores de composto de resíduo de abate de aves.

Variáveis	Normalidade	Homocedasticidade
	p	p
Terra	0,000***	0.876 n.s.
Mofo	0,000***	0.611 n.s.
Estrume	0,000***	0.345 n.s.

Obs. Diferenças *** altamente significativa ($\alpha=0,001$); n.s. = não significativa.

Tabela 4.6 – Análise de variável para nível de significância de fatores e relações entre inoculante, período e gênero (ANOVA fatorial).

Fatores	GL	Nível de significância		
		Terra	Mofo	Estrume
Inoculante (1)	1	n.s.	***	***
Período do ano (2)	1	n.s.	***	n.s.
(1) x (2)	1	***	***	***
Erro	48	n.s.	n.s.	n.s.

*** Diferença significativa >0,001; n.s. = não significativa para 0,5.

Observou-se que os odores de mofo e estrume, identificados nas leiras de compostagem de resíduo de abate ave, foram influenciados significativamente pela presença do inoculante e que apenas o odor de mofo foi influenciado significativamente pelo período do ano (TABELA 4.6).

Com os dados obtidos, os valores válidos foram comparados entre si, gerando os gráficos mostrados na Figura 4.11.

Observa-se na Figura 4.11 que os odores quantificados nos períodos quente e frio (4.11a), com e sem inoculante (4.11b), sendo o odor de estrume (dejetos de ave, fonte de N) descrito como mais ofensivo, mofo como odor discreto e terra o odor menos ofensivo, de material estabilizado, pronto para uso na agricultura.

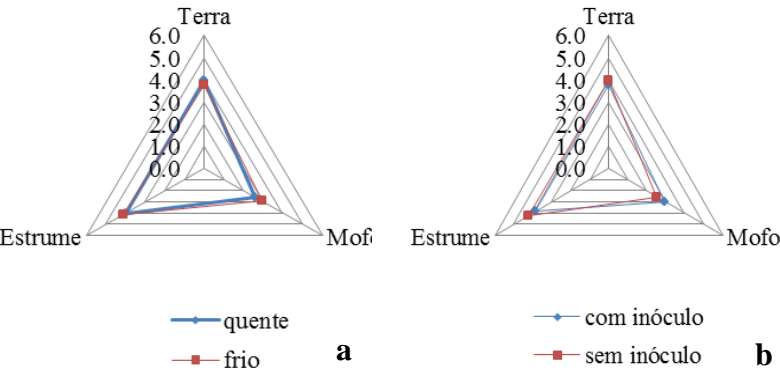


Figura 4.11 – Quantificação dos principais odores identificados nas leiras de compostagem de resíduo de ave. a) no período quente e frio do ano; b) com e sem a aplicação do inoculante.

Ainda na Figura 4.11 a predominância do odor de terra em compostagem de resíduo de abate de ave foi superior no período quente e na ausência de inoculante, efeito similar demonstrado na Figura 4.12. Observa-se que o odor de mofo foi superior no período frio quando associado ao inoculante, também observado na Figura 4.13. O odor de estrume na Figura 4.16 apresenta-se em destaque na leira sem inoculante, como também apresentado na Figura 4.14, indicando que o inoculante favoreceu a decomposição do estrume de ave, sendo efetivo na diminuição da ofensividade do produto.

Na Figura 4.12 observa-se que o odor de terra em compostagem de resíduo de abate de ave foi superior no período quente na leira com inoculante, enquanto que na ausência do inoculante o odor de mofo foi superior no período frio.

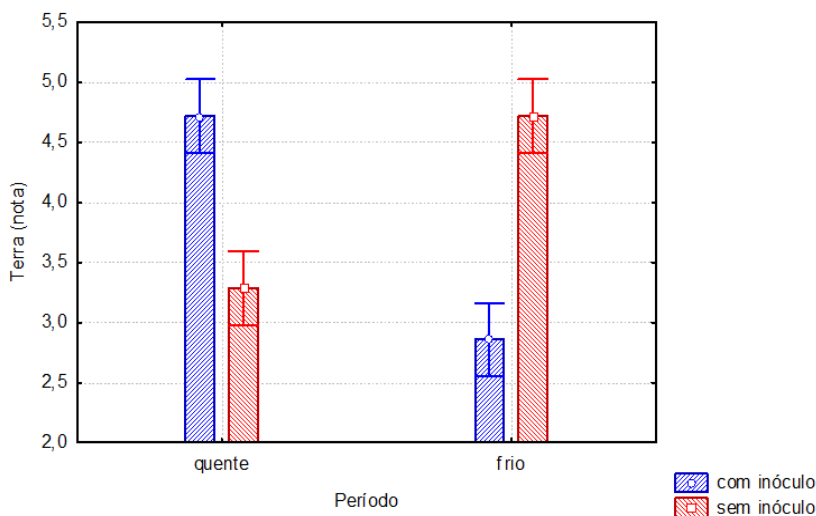


Figura 4.12 – Quantificação do odor de terra em compostagem de resíduo de abate de ave com e sem inoculante em relação ao período de repetição do experimento (médias não balanceadas, barras verticais com intervalo de confiança de 0,95).

Na Figura 4.13 observa-se que o odor de mofo em compostagem de resíduo de abate de ave foi superior na leira com inoculante no período frio, enquanto que na leira sem inoculante o odor de mofo foi superior no período quente.

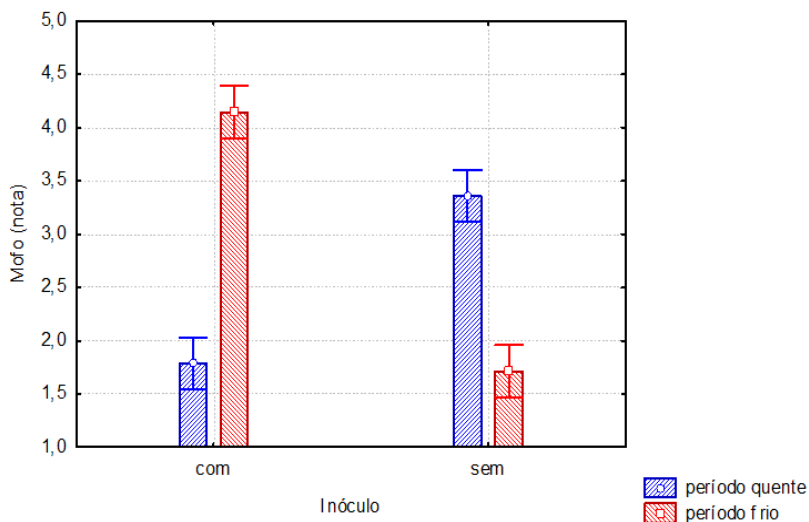


Figura 4.13 – Quantificação do odor de mofo em compostagem de resíduo de abate de ave com e sem inoculante em relação ao período de repetição do experimento. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.

Figura 4.14 observa-se que o odor de estrume em compostagem de resíduo de abate de ave foi superior na leira com inoculante no período frio, enquanto que na leira sem inoculante o odor de estrume foi superior no período quente.

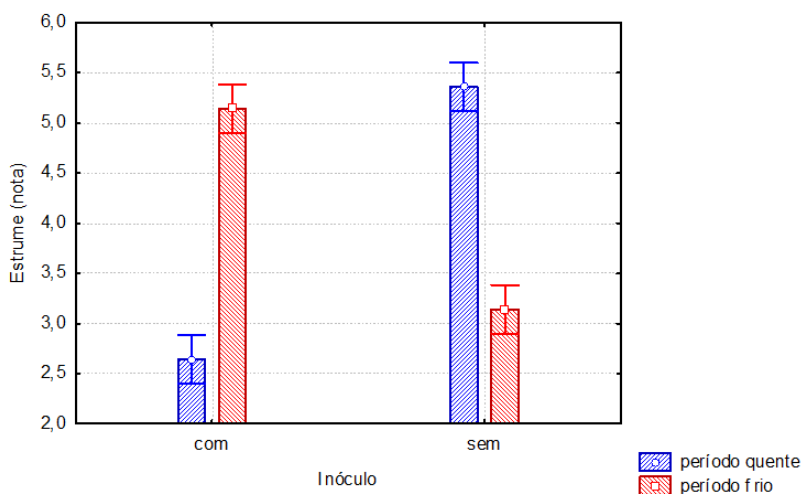


Figura 4.14 – Quantificação do odor de estrume em compostagem de resíduo de abate de ave com e sem inoculante em relação ao período de repetição do experimento. Barras verticais denotam 95% de intervalo de confiança.

Correlacionando esta análise sensorial com o resultado de análise química (TABELA 3.16), encontra-se resultado similar onde no período quente a leira sem inoculante (FIGURA 4.14) corresponde à níveis superiores de N e C orgânico (fonte de N) demonstrado na Tabela 3.16, e no período frio a leira com inoculante corresponde à níveis superiores de N e C orgânico. Efeito inverso nota-se na Figura 4.12, demonstrando que o odor de estrume foi desdobrado para o odor de terra em ambos os períodos.

4.3 Discussão

O inoculante estudado nesta dissertação composto por *Bacillus subtilis*, *Rhodopseudomonas palustris* e *Saccharomyces cerevisiae* mostrou-se eficiente na diminuição do odores ofensivos na compostagem de resíduo de abate. Houve redução nos odores de turfa no caso de resíduo de abate suíno (FIGURA 4.6), amônia na compostagem de resíduo bovino (FIGURA 4.10) e estrume para resíduo de ave (FIGURA 4.14).

Chen *et al.* (2003) identificaram a conversão de odor de amônia (NH₃) em odor neutro ao pulverizar enzima oriunda de microrganismos eficazes em resíduos de aterro sanitário de Taiwan. Tal enzima provém de *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus pumilus*. Os autores descrevem que, na biodegradação dos resíduos, a amônia é reciclada naturalmente no meio ambiente como parte do ciclo de nitrogênio. Plantas e bactérias absorvem rapidamente a amônia do solo e água. Em alguns casos a amônia na água e no solo é alterada para nitrato e nitrito por microrganismos. A amônia não se acumula na cadeia alimentar, sendo uma fonte de nutrientes para as plantas e bactérias.

Bacillus subtilis já foi identificada como redutora de odores em resíduos animais. Zhou *et al.* (2014) relatam em seu estudo o uso de *B. subtilis* em serragem para cama suína, resultando na redução de amônia e gás carbônico (CO₂), gerando maior bem estar animal, redução do odor incômodo e melhoria da qualidade da carne.

Bellot *et al.* (2013) desenvolveram patente utilizando *B. subtilis* aplicável em cama animal (superfície de palha, papel, madeira ou pallet) para redução do odor de amônia de resíduos animais.

Peerakietkhajorn e Tirawattanawanich (2011) investigaram o efeito da administração oral diária de *B. subtilis* com fructo-oligossacárido para cães, a fim de reduzir odores fecais causados por bactérias do intestino dos cães. O estudo concluiu a eficiência de *B. subtilis* com fructo-oligossacárido para redução de odores de NH₃ e compostos de sulfureto nas fezes, beneficiando o bem estar do cão e de seu proprietário.

Sharma *et al.* (2014) investigaram a capacidade de *Rhodopseudomonas palustris* na biodegradação de escatol (3-methylindole), por ser uma das principais substâncias responsáveis pela emissão de mau cheiro resultante de ruminantes e fezes humanas. A cultura pura de bactéria roxa fotossintética não sulfúrica foi isolada a partir de uma lagoa de dejetos de suínos, identificada como *Rhodopseudomonas palustris* com base na análise 16rRNA e

espectroscopia UV-visível. A estrutura da célula do organismo foi confirmada por microscopia eletrônica de transmissão. *R. palustris* gerou redução significativa do nível de 3-methylindole (> 48%) em 72 h, diminuindo ainda mais, por > 93% do total presente na concentração média, em 21 dias. Potencial remediação de escatol por *R. palustris* pode ser criteriosamente utilizado em vários sistemas de tratamento de resíduos industriais e animais.

Além de *R. palustris*, outras bactérias roxas fotossintética não sulfúrica da família Rhodobacteraceae, como *Rhodobacter* sp. estão sendo identificadas como redutoras de odor em tratamentos de resíduos animais (Do *et al.*, 2003), sendo *Rhodobacter* sp. também utilizada em conjunto com *R. palustris* (Okubo *et al.*, 2006), agindo efetivamente na redução de odores ofensivos.

No entanto, o uso de inoculantes pode ser controverso, sejam estes comerciais ou não. Por ser a compostagem um processo que envolve um grande número de espécies de microrganismos que interagem e competem fortemente no processo de sucessão, o uso de inoculantes com uma única estirpe ou poucas espécies selecionadas é vista com reservas (INÁCIO e MILLER, 2009).

Observou-se esta contrariedade acima mencionada nos períodos do ano estudados, sendo o período quente do ano mais propício para ação efetiva do inoculante na redução de odores ofensivos. No período frio houve eficiência inferior do inoculante, comparado ao período quente, nos processos de compostagem de resíduo de abate bovino (FIGURA 4.10) e principalmente para o odor de estrume na compostagem de resíduo de abate de ave (FIGURA 4.14).

Herbets *et al.* (2005) constataram que, quanto mais elevada for a temperatura, mais rapidamente se processará a decomposição. Umidade e temperatura favorecem a velocidade de decomposição de material orgânico (SOUTO *et al.*, 2005; ÁLVARES *et al.*, 1995; CATTELAN e VIDOR, 1990). Para Wardle e Parkinson (1992), atributos químicos e variáveis macroclimáticas considerados em conjunto são quase sempre capazes de explicar a variação global da atividade e dos teores de composição de biomassa microbiana. Tian *et al.* (2001) descrevem que a volatilização da amônia é significativamente afetada pela umidade e temperatura do solo, fato também observado nas Figuras 4.10 e 4.14.

5 CONCLUSÕES

Sobre as legislações estudadas, conclui-se que há a necessidade de aprimoramento da norma jurídica quanto aos padrões ambientalmente adequados em relação aos limites de contaminantes, principalmente o cromo, e infraestrutura básica para realização do processo, com estrutura para coleta de chorume a fim de evitar contaminações no lençol freático.

O desenvolvimento em consórcio dos microrganismos *S. cerevisiae*, *B. subtilis* e *R. palustris* ocorreu com sucesso para posterior utilização como inoculante para processo de compostagem. Tais microrganismos já estavam presentes no ambiente de compostagem

O inoculante foi eficiente no processo de compostagem para resíduo de abate suíno nos períodos quente e frio do ano, bovino no período frio e ave no período quente do ano. Observou-se desempenho diferente da ação do inoculante nos períodos quente e frio do ano tanto para a análise de características químicas, eficiência do processo e eliminação de odores.

Na análise química, de todos os valores obtidos de cada processo, N e relação C/N estão dentro da conformidade da norma jurídica SDA/MAPA - IN 25/2009, com exceção da compostagem de resíduo de abate de ave sem inoculante do período frio. Ajustes no processo são necessários para enquadrar as demais especificações. Necessita-se de mais estudos para análise de contaminantes referente à SDA/MAPA - IN 27/2006.

Para os resíduos de abate resistentes à decomposição, em relação às leiras sem inoculante, o uso do inoculante estudado demonstrou melhor degradação de gordura nos resíduos suíno, conteúdo ruminal nos resíduos bovinos e penas nos resíduos de ave. Segundo literatura pesquisada, *S. cerevisiae* é eficiente para decomposição de gordura, conteúdo ruminal e penas. Enquanto que *B. subtilis* é eficiente na decomposição de penas.

Para eliminação de odores ofensivos do produto final, o inoculante estudado mostrou-se eficiente na redução nos odores de mofo no caso de resíduo de abate suíno, amônia na compostagem de resíduo bovino e estrume para resíduo de ave. Segundo literatura pesquisada, *B. subtilis* é eficiente para redução dos odores fecais e de amônia. Enquanto *R. palustris* é eficiente na redução de resíduos de ruminantes e fecais.

Conclui-se que o presente estudo vem a contribuir para futuras pesquisas sobre compostagem de resíduo de abatedouro. Neste contexto, fazem-se necessárias mais análises específicas para encontrar provas concretas que o produto do processo de compostagem com resíduo de

abatedouro poderia vir a ser uma alternativa viável para a agricultura. Faz-se necessária também o aprofundamento de estudos sobre a viabilidade do processo e inoculantes que acelerem a biodegradação de resíduo de abatedouro e a ação dos microrganismos para degradação dos mesmos.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8419**: Apresentação de projetos de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos. ABNT, 1992. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/>. Acesso em: 26 out. 2013.
- ABRA - Associação Brasileira de Reciclagem Animal; CEPHOR - Centro de Estudos e Pesquisas Políticas, Históricas e das Organizações. **I Diagnóstico da indústria brasileira de reciclagem animal**. Gestão 2011/2013. ABRA, 84 p., 2011.
- ÁLVARES, R.; DÍAZ, R. A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O. J.; BLOTTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage system. **Soil and Tillage Research**, v. 33, n. 1, p. 17-28, 1995.
- AN, J.; ZHU, W.; LIU, Y.; ZHANG, X.; SUN, L.; HONG, P.; WANG, Y.; XU, C.; XU, D.; LIU, H. Purification and characterization of a novel bacteriocin CAMT2 produced by *Bacillus amyloliquefaciens* isolated from marine fish *Epinephelus areolatus*. **Food Control**, v. 51, p. 278–282, 2015.
- ANTIL, R. S.; RAJ, D.; ABDALLA, N.; INUBUSHI, K. Physical, chemical and biological parameters for compost maturity assessment: a review. **Composting for Sustainable Agriculture Sustainable Development and Biodiversity** v. 3, p. 83-101, 2014.
- ASTM - American Society for Testing and Materials. **ASTM D 4737**: Standard test method for calculated cetane index by four variable equation. Filadélfia, 2010. 4 p.
- AYRES, M.; AYRES JR., M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S. **BioEstat 3.0: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém: Sociedade Civil Mamirauá - CNPq, 2003. 290 p.
- BARBIERI, L. G.; GOMES, J. T.; SARAIVAA, L. G.; BARBIERI, D. G. F. V.; GUIMARÃES, D. F. Revisão integrativa sobre hipercifose: análise dos tratamentos fisioterápicos. **Revista Pesquisa em Fisioterapia**, v. 4, n. 1, p. 55-61, 2014.
- BARBOSA, S. S. M.; PEREGRINO, A. A. F.; TOLENTINO, A. C. M. S.; MACHADO, D. A.; SCHUTZ, V. Análise de custos do transplante alogênico de células-tronco hematopoiéticas: uma revisão integrativa. **Journal of research fundamental care online**, v. 6, n. 4, p. 1642-1654, 2014.
- BELLOT, M. C.; MERTZ, K. J.; REHBERGER, T. G. **Bacillus strains useful for animal odor control**. Estados Unidos, patente US 8404227

B2, 26 mar. 2013, Dupont Nutrition Bioscience Aps, 14 p.

BERLOT, M.; REHAR, T.; FEFER, D.; BEROVIC, M. The influence of treatment of *Saccharomyces cerevisiae* inoculums with a magnetic field on subsequent grape must fermentation. **Chemical and Biochemical Engineering Quarterly**, v. 27, n. 4, p. 423-429, 2013.

BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5444-5453, 2009.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. 341 p.

BOHACZ, J.; KORNILŁOWICZ-KOWALSKA, T. Changes in enzymatic activity in composts containing chicken feathers. **Bioresource Technology**, n. 100, p. 3604-3612, 2009.

BRASIL, 2008. **Ministério do Meio Ambiente online - Instrução Normativa nº 34, de 28 de maio de 2008**. Aprova o Regulamento Técnico da Inspeção Higiênico Sanitária e Tecnológica do Processamento de Resíduos de Animais e o Modelo de Documento de Transporte de Resíduos Animais, constantes dos Anexos I e II, respectivamente. Disponível em:

<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?metod=consultarLegislacaoFederal>. Acesso em: 26 ago. 2013.

BRASIL, 2009a. **Ministério do Meio Ambiente online - Resolução CONAMA nº 420/2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>. Acesso em: 04 jan. 2015.

BRASIL, 2006a. **Ministério do Meio Ambiente online - Resolução CONAMA n. 375, de 29 de agosto de 2006**. Dispõe sobre os requisitos mínimos de qualidade do lodo de esgoto ou produto derivado destinado à agricultura. Brasília. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=506>. Acesso em: 05 jan. 2015.

BRASIL, 2010. **Planalto online - Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, são objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-

2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 16 jul. 2013.

BRASIL, 1998. **Planalto online - Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm. Acesso em: 02 jan. 2015.

BRASIL, 1952. **Planalto online - Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952.** Aprova o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Brasília. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/D30691.htm. Acesso em: 02 jan. 2015.

BRASIL, 2014a. **Planalto online - Lei nº 13.043, de 13 de novembro de 2014.** Dispõe sobre os fundos de índice de renda fixa, sobre a responsabilidade tributária na integralização de cotas de fundos ou clubes de investimento por meio da entrega de ativos financeiros, sobre a tributação das operações de empréstimos de ativos financeiros e sobre a isenção de imposto sobre a renda na alienação de ações de empresas pequenas e médias; prorroga o prazo de que trata a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, entre outras. Brasília. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/Lei/L13043.htm. Acesso em: 08 jan. 2015.

BRASIL, 2014b. **Planalto online - Mensagem nº 384, de 13 de novembro de 2014.** Dispõe sobre veto de Arts. da Lei nº 13.043, de 13 de novembro de 2014. Brasília. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/Msg/VEP-384.htm.htm. Acesso em: 08 jan. 2015.

BRASIL, 2004. **Planalto online - Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004.** Aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. Brasília. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/fertilizantes/legislacao>. Acesso em: 23 jul. 2014.

BRASIL, 2006b. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento online. Instrução Normativa 27 de 09 de junho de 2006.** Dispõe sobre fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes para serem produzidos, importados ou comercializados. Brasília. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/legislacao>. Acesso em: 23/07/2014.

BRASIL, 2009b. **Ministério da Agricultura, Pecuária e**

Abastecimento online. Instrução Normativa 25 de 23 de julho de 2009. Aprova as normas sobre especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Brasília. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/legislacao>. Acesso em: 23 jul. 2014.

BRUNELLI, L. T.; MANSANO, A. R.; FILHO, W. G. V. Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 1, p. 19-27, 2014.

CALDEIRA, M. V. W. ; HARBS, R. M. P.; TAVARES, L. B. B. ; SPERANDIO, H. V.; SANTOS, F. E. V. Avaliação de composto orgânico de resíduos de abatedouro de frangos na produção de mudas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, p. 212-215, 2012.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em funções de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, n. 2, p. 133-142, 1990.

CESTONARO, T.; ABREU, P. G. de; ABREU, V.M.N.; COLDEBELLA, A.; TOMAZELLI, I.2. L.; HASSEMER, M. J. Desempenho de diferentes substratos na decomposição de carcaça de frango de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 1318-1322, 2010.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental; Secretaria do Meio Ambiente; Governo do Estado de São Paulo; FIESP - Federação das Industrias do Estado de São Paulo. **Graxarias, processamento de materiais de abatedouros e frigorífico de bovinos e de suínos**. Guia técnico ambiental de graxarias - série P+L. São Paulo, 2006. 79 p.

CHANG, C., C.; NG, C., C.; WANG, C., Y.; SHYU Y., T. Activity of cellulase from Thermoactinomyces and Bacillus spp. isolated from Brassica waste compost. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 3, p. 304-308, 2009.

CHANG, Z.; CHEN, G.; DAJ, B.; DOU, P.; GUAN, Y.; HE, J.; HUANG, H. KONG, G.; LIANG, X.; LIANG, Y.; MA, H.; MEI, C.; SHAO, X.; WANG, X.; WU, H.; WU, X.; XU, M.; YIN, G.; YU, L.; ZHAO, M. **Microbial agent used in straw compost production comprises functional strain comprising Bacillus subtilis, Bacillus megaterium, Trichoderma longibrachiatum and Aspergillus niger and adsorbent**. China, patente CN103304285-A. 18 set. 2013. SIPO (escritório de patentes da China), 9 p.

CHEN, K. **Preparation of microbial organic fertilizer, by**

composting crushed organic raw materials with activated carbon and bacterial mixture, adding organic raw materials, animal excrement and biogas residue and composting mixture. China, patente CN103396175-A. 20 nov. 2013. SIPO (escritório de patentes da China), 7 p.

CHEN, S.; HSIEH, L.; HWANG, W.; XU, H, KAO, J. Abatement of Odor Emissions from Landfills Using Natural Effective Microorganism Enzyme. **Aerosol and Air Quality Research**, v. 3, n. 1, p.87-99, 2003.

CHEN, Y.; LI, M.; LIU, S.; LIU, Z.; TANG, J.; WEI, H.; YU, C.; ZHANG, Q. **Preparation of fermentation agent for sludge composting, by activating production strain, culturing, inoculating into sterilized fermentation medium and aerobically fermenting, and absorbing and fixing fermentation solution to carrier.** China, patente CN102199568-A. 28 set. 2011. SIPO (escritório de patentes da China), 8 p.

CHENG, Z.; DING, W. **Production of biological matrix used for cultivating rice seeding, by mixing actinomycetes and cow dung, composting, mixing with enzyme microorganism and *Bacillus subtilis*, composting, and mixing with brown coal powder and nitrogen.** China, 10 jul. 2013. patente CN103193534-A. SIPO (escritório de patentes da China), 4 p.

CHEREMISINOFF, P. N. **Industrial Odour Control.** Butterworth Heinemann, London: Oxford, 1992. 222 p.

CHERNICHARO, C. A. Tratamento de Efluentes de curtumes através de filtros anaeróbios seguidos por biofiltros aerados. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Paraíba. **Anais...** João Pessoa: CBESA, 2000. CD Rom.

CMMEF – **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods.** 4ed. Washington: Amer Public Health Association, 2001. 676 p.

COSTA, M. S. S. DE M.; COSTA, L. A. DE M.; DECARLI, L. D.; PELÁ, A.; SILVA, C. J. da; MATTER, U. F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 540-548, 2009.

COSTA, N. C.; CASTILHOS, D.; KONRAD, E.; PASSIANOTO, C. Efeito da Adição de Lodos de Curtumes Sobre as Alterações Químicas do Solo, Rendimento de Matéria Seca e Absorção de Nutrientes em Soja. **Revista Brasileira de Agrocências**, v.7 n.3 p.189-191, 2001.

CRAY, J. A.; HOUGHTON, J. D. R.; COOKE, L. R.; HALLSWORTH, J. E. A simple inhibition coefficient for quantifying potency of biocontrol agents against plant-pathogenic fungi. **Biological Control**, v.

81, p. 93–100, 2015.

DALPIAN, J. J.; MARQUARDT, L.; MACHADO, Ê. L. Treatment and Disposal of Cellulosic and Greasy Wastes From Industry of Flesh Products in The Valley of The Rio Pardo (RS) - Brazil. In: Global Symposium on Recyclin, Waste treatment and Clean Technology, REWAS04, 2004, Madrid. Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology, REWAS 04. **Anais...** Madrid: INASMET TMS, 2004. v. 2, p. 1811-1817.

DALTON, P., E. A. CARAWAY, H. GIBB, AND K. FULCHER. A multi-year field olfactometry study near a concentrated animal feeding operation. **Journal of the Air and Waste Management Association**, n. 61, p. 1398-1408, 2011.

DE SÁ, L. R. V.; CAMMAROTA, M. C.; FERREIRA-LEITÃO, V. S. Produção de hidrogênio via fermentação anaeróbia – aspectos gerais e possibilidade De utilização de resíduos agroindustriais brasileiros. **Química Nova**, v. 37, n. 5, p. 1-11, 2014.

DO, Y. S.; SCHMIDT, T. M.; ZAHN, J. A.; BOYD, E. S.; LA-MORA, A. DE; DISPIRITO, A. A. Role of Rhodobacter sp. strain PS9 a purple non-sulphur photosynthetic bacterium isolated from an anaerobic swine waste lagoon, in odor remediation. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 69, n. 3, p. 1710-1720, 2003.

DUAN, J.; HU, H.; SHAO, H.; TANG, F.; WANG, Z.; LUO, S. **Composting biological organic pollutant in organic material by culturing Bacillus subtilis seed liquid in solid culture medium, composting organic material using solid microbial inoculums, and performing high temperature aerobic fermentation.** China, patente CN102731177. 17 out. 2012. SIPO (escritório de patentes da China), 11 p.

EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C.; PEREZ, D. V.; PEREIRA, M. G.; GOMES, F. W. F. Atributos químicos, carbono orgânico e substâncias húmicas em organossolos háplicos de várias regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 35, p. 325-336, 2011.

EPA - United States Environmental Protection Agency. **A guide to the biosolids risk assessments for the EPA Part 503 Rule.** Washington, p. 814-846, 2001. Disponível em: <http://www2.epa.gov/sites/production/files/documents/40CFR503-July-2001.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2015.

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina; CIRAM – Centro de Informações e Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. Climatologia de Chuva. **Dados no período de 1960 a 2004. 2013.** Disponível em:

http://www.ciram.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=141&Itemid=363. Acesso em: 08 nov. 2013.

EPSTEIN, E. **Industrial Composting: Environmental Engineering and Facilities Management**. United States of America: Taylor and Francis Group, 2011. 334 p.

ESPANHA 1. **Ministério da Agricultura, Pesca e Alimentação online - Decreto Real 1310/1990, de 29 de outubro de 1990**. Regula a utilização de lodos de esgoto no setor agrário e metais pesados no solo. Disponível em: <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1990-26490>. Acesso em: 08 jan. 2015.

CONFORMIDADE EUROPÉIA, 1986. **EUR-Lex online - Diretiva (CE) n.º 86/278, de 12 de junho de 1986**. Dispõe sobre a proteção do ambiente, em especial dos solos, na utilização agrícola de lodos de tratamento de efluente. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?qid=1420412858834&uri=CELEX:31986L0278>.

Acesso em: 04 jan. 2015.

CONFORMIDADE EUROPÉIA, 2003. **EUR-Lex online - Regulamento (CE) n.º 2003/2003 do Parlamento Europeu e do Conselho de 13 de Outubro de 2003 relativo aos adubos**. União Européia. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/ALL/?uri=CELEX:32003R2003>. Acesso em: 04 jan. 2015.

CONFORMIDADE EUROPÉIA, 2008. **EUR-Lex online - Regulamento (CE) n.º 889/2008 da Comissão de 5 de setembro de 2008**, que estabelece normas de execução do Regulamento (CE) n. 834/2007 do Conselho relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos, no que respeita à produção biológica, à rotulagem e ao controle. União Européia. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:02008R0889-20140101>. Acesso em: 04 jan. 2015.

FIESC - Federação das Indústrias de Santa Catarina. **Economia**. 2014. Disponível em: <http://fiesc.com.br/>. Acesso em: 08 jan. 2015.

FILIPPOVA, O. I.; IVANOV, YU. V.; KHOTCHENKOV, V. P.; KOROLEVA, O. V.; KULIKOVA, N. A.; LANDESMAN, E. O.; LEONOVA, M. YA.; MAYSTRUCK, I. V. **Biological preparation-activator having fungicidal activity, useful for composting liquid and solid wastes of animals and bird, comprises consortium of *Bacillus subtilis* subspecies *subtilis* and *Bacillus amyloliquefaciens***. Rússia, patente RU2011143281-A. 27 out. 2013. European patent office, 2 p.

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; BENITES, M.B. Distribution of organic carbon in the humic fractions of diagnostic

horizons from brazilian soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 39, p. 951-971, 2008.

FRANKE-WHITTLE, I. H.; INSAM, H. Treatment alternatives of slaughterhouse wastes, and their effect on the inactivation of different pathogens: A review. **Critical Reviews in Microbiology**, v. 39, n. 2, p. 139–151, 2013.

FRANKE-WHITTLE, I.2. H.; INSAM H. Treatment alternatives of slaughterhouse wastes, and their effect on the inactivation of different pathogens: A review. Institute of Microbiology, Leopold-Franzens University, Innsbruck, Austria. **Critical Reviews in Microbiology**, v. 39, n. 2, p. 139–151, 2013.

GALVÃO, C. M.; SAWADA, N. O.; MENDES, I. A. C. A busca das melhores evidências. **Revista Escola de Enfermagem da USP**, v. 37, n. 4, p. 43-50, 2003.

GAO, M.; LIANG, F.; YUB, A.; LI, B.; YANG, L. Evaluation of stability and maturity during forced-aeration composting of chicken manure and sawdust at different C/N ratios. **Chemosphere**, v. 78, p. 614–619, 2010.

GHANDI, M. S.; UDAYASOORIAN, C. Physico-chemical and biological dynamics of waterhyacinth biocompost: A compost maturity assessment scenario. **Journal of Pure and Applied Microbiology**, v. 8, n. 4, p. 1-10, 2014.

GO, T.; CHO, K.; LEE, S.; LEE, O.; SON, H. Simultaneous production of antifungal and keratinolytic activities by feather-degrading *Bacillus subtilis* S8. **Indian Journal of Microbiology**, v. 55, n. 1, p. 66-73, 2015.

GOMES, A. C.; MORAES, L. C. K.; SILVA, M. J. Caracterização de resíduo de curtime para determinação de disposição final. **Omnia Exatas**, v.3, n.1, p.33-40, 2010.

GONG, Y.; TANG, G.; WANG, M.; LI, J.; XIAO, W.; LIN, J.; LIU, Z. Direct fermentation of amorphous cellulose to ethanol by engineered *Saccharomyces cerevisiae* coexpressing *Trichoderma viride* EG3 and BGL1. **Journal of General and Applied Microbiology**, n. 60, p. 198-206, 2014.

GOSTELOW, P., PARSONS, S. A. STUETZ, R. M. Odour Measurements for sewage treatment works. **Water Research**, v. 35, n. 3, p. 579–597, 2001.

GUARDIA, A. DE; MALLARD, P.; TEGLIA, C.; MARIN, A.; LE PAPE, C.; LAUNAY, M.; BENOIST, J. C.; PETIOT, C. Comparison of five organic wastes regarding their behaviour during composting: Part 1, biodegradability, stabilization kinetics and temperature rise. **Waste**

Management, v. 30, n. 3, p. 402-414, 2010.

GUPTA, S., SINGH, R. Hydrolyzing proficiency of keratinases in feather degradation. **Indian Journal of Microbiology**, v. 54, n. 4, p. 466-470, 2014.

HADAS, A.; KAUTSKY, L. Feather meal, a semi-slow-release nitrogen fertilizer for organic farming. **Fertilizer research**, v. 38, n. 2, p. 165-170, 1994.

HAGA, K. Composting and compost of solid animal manure: A review. **Journal Norsk Landbruksforskning**, v. 4, n. 4, p. 245-258, 1990.

HELLMANN, B.; ZELLES, L.; PALOJARVI, A.; BAI, Q. Emission of Climate-Relevant Trace Gases and Succession of Microbial Communities during Open-Windrow Composting. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 63, n. 3, p. 1011, 1997.

HENDERSON, C. M.; BLOCK, D. E. Examining the Role of Membrane Lipid Composition in Determining the Ethanol Tolerance of *Saccharomyces cerevisiae*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 80, n. 10, p. 2966-2972, 2014.

HERBETS, R. A.; COELHO, C. R. A.; MILETTI, L. C.; MENDONÇA, M. M. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 41-50, 2005.

HOINACKI, E.; MOREIRA, M. V.; KIEFER, C. G. **Manual básico de processamento de couro**. Porto Alegre: Ed. SENAI/RS, 1994. 402 p.

HU, Y.; PAN, H.; YANG, Z., YU, H., ZHENG, G. **Preparing crop and fruit tree fertilizer comprises grinding raw material into past or power, soaking in clean water, adding *Bacillus subtilis*, stirring, composting and fermenting continuously**. China, patente CN103708858-A. 09 de abril 2014. SIPO (escritório de patentes da China), 4 p.

HUANG, D. L.; ZENG, G. M.; FENG, C. L.; HU, S.; JIANG, X. Y.; TANG, L.; SU, F. F.; ZHANG, Y.; ZENG, W.; LIU, H. L. Degradation of lead-contaminated lignocellulosic waste by *Phanerochaete chrysosporium* and the reduction of lead toxicity. **Environmental Science and Technology**, v. 42, p. 4946-4951, 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE: Estatística da produção pecuária**. Março 2013. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201204_publicacao_completa.pdf. Acesso em: 08/07/2013.

INÁCIO, C.T., MILLER, P.R.M. **Compostagem: Ciência e prática aplicadas a gestão de resíduos**. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 2009. 156 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. v. 1, 4. ed. Brasília: Instituto Adolfo Lutz, 2005. 1018 p.

ISLAM, M. K.; MONDELLI, D.; CHAMI, Z. A.; MIMIOLA, G.; DUMONTET, S. Comparison of maturity indices for composting different organic waste. **Journal of Residuals Science and Technology**, v. 9, n. 2, p. 55-64, 2012.

ITÁLIA, 2006. **Normattiva online - Decreto 152/2006, de 03 de abril de 2006**. Estipula os valores limites de concentrações no solo e subsolo. Disponível em: [http://www.normattiva.it/atto/caricaDettaglioAtto?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2006-04-](http://www.normattiva.it/atto/caricaDettaglioAtto?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2006-04-14&atto.codiceRedazionale=006G0171¤tPage=1)

14&atto.codiceRedazionale=006G0171¤tPage=1. Acesso em: 08 jan. 2015.

JIMÉNEZ, E. I.; GARCIA, V. P. Evaluation of city refuse compost maturity: a review. **Biological wastes**, v. 27, n. 2, p. 115–142, 1989.

JIN, S. **Microbial agent useful for composting organic materials, comprises molasses water, and composite strains comprising Bacillus subtilis, Jingyang streptomyces, Saccharomyces cerevisiae, Lactobacillus bulgaricus and Rhodopseudomonas**. China, patente CN102731175. 17 out. 2012. SIPO (escritório de patentes da China), 4 p.

JIN, Y.; LIU, H.; LI, H.; XU, J.; XU, X. **Composite microbial inoculum for cow manure, preferably for reducing lignin content in compost, comprises Phanerochaete chrysosporium fungus, Streptomyces, Bacillus subtilis, Bacillus licheniformis and Bacillus amyloliquefaciens**. China, patente CN103497915-A. 08 jan. 2014. SIPO (escritório de patentes da China), 8 p.

JORDÃO, C. P.; SILVA, A. C.; PEREIRA, J. L.; BRUNE, W. Contaminação por cromo de águas de rios proveniente de curtumes em Minas Gerais. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p. 47-52, 1999.

KANTHA, T.; CHAIYASUT, C.; KANTACHOTE, D.; SUKRONG, S.; MUANGPROM, A. Synergistic growth of lactic acid bacteria and photosynthetic bacteria for possible use as a bio-fertilizer. **African journal of microbiology research**, v. 6, n. 3, p. 504-511, 2012.

KASSA, H.; SULIMAN, H.; WORKAYEW, T. Evaluation of composting process and quality of compost from coffee by-products (coffee husk & pulp). **Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management**, v. 4, n. 4, 2011.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985. 492 p.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do**

- composto. 3. ed. Piracicaba: Ceres, 2002. 171 p.
- KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 1. ed. Piracicaba: Ceres, 1998. 171 p.
- KIM, J. H. **Multifunctional phosphate compost comprises calcium fertilizer containing quicklime, calcium hydroxide, calcium carbonate and lime and silic acid, and microorganism fertilizer e.g. *Bacillus pumilus* and *Bacillus subtilis***. Coréia, patente KR1232291-B1. 12 fev. 2013. European patent office, 10 p.
- KIM, M. K.; CHOI, K. M.; YIN, C. R.; LEE, K. Y.; IM, W. T.; LIM, J. H.; LEE, S. T. Odorous swine wastewater treatment by purple non-sulfur bacteria, *Rhodopseudomonas palustris*, isolated from eutrophicated ponds. **Biotechnology Letters**, v. 26, n. 10, p. 819-822, 2004.
- KNOBLACH, B.; RACHUBINSKI, R. A. Transport and Retention Mechanisms Govern Lipid Droplet Inheritance in *Saccharomyces cerevisiae*. **Traffic**, v. 00, n. 00 (no aguardo para publicação), p.1-12, 2015.
- KORNILLOWICZ-KOWALSKA, T.; BOHACZ, J. Dynamics of growth and succession of bacterial and fungal communities during composting of feather waste. **Bioresource Technology**, n. 101, p. 1268–1276, 2010.
- KORNOCHALERT, N.; KANTACHOTE, D.; CHAIPRAPAT, S.; TECHKARNJANARUK, S. Use of *Rhodopseudomonas palustris* P1 stimulated growth by fermented pineapple extract to treat latex rubber sheet wastewater to obtain single cell protein. **Annals of Microbiology**, v. 64, n. 3, p. 1021-1032, 2014.
- KREIS, R. D. **Control of animal production odors: the state-of-the art.**, Ada, Oklahoma: Environmental Protection Agency, 1978. 104 p.
- KUMAR, A.; SINGH, C.; SAINI, P. Biodegradation of feather by *Microsporum fulvum* singly or in combination with other fungi. **Bioremediation & Biodegradation**, v. 5, n. 7, p. 1-4, 2014.
- LACEY, R., S. MUKHTAR, J. CAREY, AND J. ULLMAN. A review of literature concerning odors, ammonia, and dust from broiler production facilities: 1. Odor concentrations and emissions. **The Journal of Applied Poultry Research**, n. 13, p. 500-508, 2004.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**, São Carlos: Rima, 2000. 531 p.
- LEITE, C. H. B. **Direito e processo do trabalho na teoria geral do direito**. São Paulo: LTr, 2000. 166 p.
- LEVINE, D. M., STEPHAN, D. F.; KREHBIEL, T. C.; BERENSON, M. L. **Estatística: teoria e aplicações usando microsoft® excel em português**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 804 p.

LI, F.; ZHANG, L.; WANG, S. **Straw composting agente comprises peat and microbial flora-containing active component in which active component in *Bacillus*, nutrient, or spore, and microbial flora is *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces cerevisiae***. China, patente CN103740693-A. 23 abril 2014. SIPO (escritório de patentes da China), 12 p.

LI, J.; ZHANG, S.; WEI, Y.; ZHAO, C.; LI, B.; CHEN, W.; TANG, Z.; MA, Q. **Preparing microorganism-decomposing agent used for producing microbial organic fertilizer, by culturing *Rhodopseudomonas palustris* and *Saccharomyces cerevisiae*, fermenting mixture, mixing fermented liquid and absorbing mixture**. China, CN101905985-A. 08 dez. 2011. SIPO (escritório de patentes da China), 11 pag.

LI, M.; LIU, Z.; ZHANG, Q.; ZHANG, Y. **Microbial inoculum for reinforcing and promoting organic fertilizer compost fermentation process, comprises *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Rhodopseudomonas palustris*, *Saccharomyces cerevisiae* and *Candida tropicalis***. China, patente CN1022796668-A. 28 nov. 2012. SIPO (escritório de patentes da China), 6 p.

LI, Q.; ZHENG, KP.; LI, G.; HOU, X.; ZOU, Y. **Microbial inoculum useful for composting cellulose organic wastes, contains *Myceliophthora thermophila*, *Trichoderma konigii*, *Aspergillus Níger*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis* and *Streptomyces ambofaciens***. China, patente CN103 320369-A. 25 set. 2013. SIPO (escritório de patentes da China), 10 p.

LIMA, C. C. de; GOMES, T. C., de A. Concentração de nutrientes em compostos orgânicos influenciada pela adição de pós de rochas silicatadas. **Educte**, v. 1, p. 33-39, 2011.

LIN, G.; YU, J., DUAN, Q. **Treatment of animal carcasses by mixing crushed straw Rice husk and sawdust, adding *Bacillus subtilis* natto, microzyme, and *Bacillus subtilis*, laying mixture in fermentation tank, adding animal carcasses, and compost**. China, patente CN103694009-A. 02 abr. 2014. SIPO (escritório de patentes da China), 7 p.

LIU, Q.; ZHANG, T.; SONG, N.; LI, Q.; WANG, Z.; ZHANG, X.; LU, X.; FANG, J.; CHEN, J. Purification and characterization of four key enzymes from a feather-degrading *Bacillus subtilis* from the gut of tarantula *Chilobrachys guangxiensis*. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 96, p. 26–32, 2014.

LOUREIRO, D.C.; AQUINO, A. M.; ZONTA, E.; LIMA, E. Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com

- estercos bovinos para a produção de insumo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p.1043-1048, 2007.
- MACKIE, R. I.; STROOTAND, V. H.; VAREL, V. H. Biochemical identification and biological origin of key odor components in livestock waste. **Journal of Animal Science**, n. 5, v. 76, p. 1331-1342, 1998.
- MAIA, J. T. L. S.; BONFIM, F. P. G.; GUANABENS, R. E. M.; TRENTIN, R.; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, P. R. G.; FONTES, P. C. R. Omissão de nutrientes em plantas de pinhão-mansão cultivadas em solução nutritiva. **Revista Ceres**, v. 61, n. 5, p. 723-731, 2014.
- MARCINKOWSKI, T. A. Composting of waste from poultry breeding - Biological analysis. **Chemical and Biochemical Engineering Quarterly**, v. 24, n. 3, p. 377-382, 2010.
- MARTHUR, S. P.; OWEN, G.; DINEL, H.; SCHNITZER, M. Determination of Compost Biomaturity. I. Literature Review. **Biological Agriculture & Horticulture**, v. 10, n. 2, p. 65-85, 1993.
- MARTÍNEZ-BLANCO, J.; LAZCANO, C.; CHRISTENSEN, T. H.; MUÑOZ, P.; RIERADEVALL, J.; MOLLER, J.; ANTÓN, A.; BOLDRIN, A. Compost benefits for agriculture evaluated by life cycle assessment. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 33, n. 4, p. 721-732, 2013.
- MCGINLEY, C. M.; MCGINLEY, M. A. Odor testing biosolids for decision making. In: Water Environment Federation 16th Annual Residuals and Biosolids Management Conference: Texas. **Anais...** Austin: WEF, p. 3-6, mar. 2002.
- MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, R. A.; LEITE, S. A. S. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista brasileira de Ciências do Solo**, n. 18, 449-455, 1994.
- MENDES, A. A.; CASTRO, H. F.; PEREIRA, E. B.; JUNIOR, A. F. Aplicação de lipases no tratamento de águas residuárias com elevados teores de lipídeos. **Química Nova**, v.28, n. 2, p. 296-305, 2005.
- MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C.C. P. GALVAO, C. M. **Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. Texto contexto – enfermagem**, v. 17, n.4, p. 758-764, 2008.
- MORI, E. E. M.; FERREIRA, V. L. P.; YOTSUYANAGI, K. . Análise sensorial de goiabadas de marcas comerciais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n.1, p. 105-110, 1998.
- MOURALES, M. M.; XAVIER, C. A. N.; SILVA, A. A.; LUCAS JUNIOR, J. Uso da compostagem para tratamento de resíduo sólido de

abatedouro de bovinos. In: VI Encontro Latino Americano de Pós Graduação, 2006, São José dos Campos. **Revista da UNIVAP suplemento do VI Encontro Latino Americano de Pós Graduação**. São José dos Campos: UNIVAP- IP&D, v. 13, 2006.

MUKHOPADHYAY, M., PATRA, A. AND PAUL, A.K. Production of poly (3-hydroxybutyrate) and poly (3-hydroxybutyrate- co-3-hydroxyvalerate) by *Rhodopseudomonas palustris* SP5212. **World Journal of Microbiology**, n. 21, p. 765–769, 2005.

MYERS, R. H.; MONTGOMERY, G. G. V.; ROBINSON, T. J. **Generalized linear models**: with applications in engineering and the sciences. 2ed. Nova York: Wiley, 2010. 521 p.

NADDEO, V.; ZARRA T.; GIULIANI S.; BELGIORNO V. Odour Impact Assessment in Industrial Areas. **Chemical Engineering Transactions**, v. 30, p. 85-90, 2012.

NAKASAKI, K.; NAGASAKI, K.; ARIGA O. Degradation of fats during thermophilic composting of organic waste. **Waste Manage Res**, v. 22, p. 276–282, 2004.

NAKASAKI, K.; ARAYA, S.; MIMOTO, H. Inoculation of *Pichia kudriavzevii* RB1 degrades the organic acids present in raw compost material and accelerates composting. **Bioresource Technology**, v. 144, p. 521–528, 2013.

NIE, X.; ZHANG, Q.; LIN, S. Biogenic amine accumulation in silver carp sausage inoculated with *Lactobacillus plantarum* plus *Saccharomyces cerevisiae*. **Food Chemistry**, v. 153, n. 15, p. 432–436, 2014.

NPPC – Nacional pork producers council. **A review of the literature on the nature and control of odors from pork production facilities**. Iowa: Des Moines, 1995. 118 p.

NUNES, R. M.; GUARDA, E. A.; SERRA, J. C. V.; MARTINS, A. A. Resíduos agroindustriais: potencial de produção do etanol de segunda geração no Brasil. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 14, n. 22, p. 113-238, 2013.

NYAMBANE, B.; THARI, W. M.; WANGO, J.; NJAGE, P. M. K. Lactic acid bacteria and yeasts involved in the fermentation of amabere amaruranu, a Kenyan fermented milk. **Food Science & Nutrition**, v. 2, n. 6, p. 692–699, 2014.

O'NEILL, D. H.; PHILLIPS, V. R.. A review of the control of odor nuisance from livestock buildings: Part 3, Properties of the odorous substances which have been identified in livestock wastes or in the air around them. **Journal of Agricultural Engineering Research**, n. 53, p. 23–50, 1992.

- OKUBO, Y.; FUTAMATA, H.; HIRAISHI, A. Distribution and Capacity for Utilization of Lower Fatty Acids of Phototrophic Purple Nonsulfur Bacteria in Wastewater Environments. **Microbes and Environments**, v. 20, n. 3, p. 135-143, 2005.
- ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J. de. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 3, p. 538-545, 2010a.
- ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J. Influência da relação volumoso: concentrado e do tempo de retenção hidráulica sob a biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos. **Engenharia Agrícola**, v.30, p.386-394, 2010b.
- PAIVA, E. C. R.; MATOS, A.T.; AZEVEDO, M. A.; BARROS, R. T. P.; COSTA, T. D. R. Avaliação da compostagem de carcaças de frango pelos métodos da composteira e de leiras estáticas aeradas. **Engenharia agrícola**, v. 32, p. 986-995, 2012.
- PAN, I.; DAM, B.; SEM, S., K. Composting of common organic wastes using microbial inoculants. **3 Biotech**, v. 2, n. 2, p. 127-134, 2012.
- PASHA, C.; THABIT, H. M.; KUHAD, R. C.; LINGA, V. R. Bioethanol production from *Prosopis juliflora* using thermotolerant *Saccharomyces cerevisiae* VS3 strain. **Journal of biobased material and bioenergy**, v. 2, n. 3, p. 204-209, 2008.
- PEERAKIETKHAJORN, S.; TIRAWATTANAWANICH, C. Effect of orally administered *Odorless*TM (*Bacillus subtilis* with FOS) on fecal odor elimination in dog. In: **Proceedings of the 49th Kasetsart University Annual Conference**, Thailand, 2011. Kasetsart: Animals and Veterinary Medicine - Volume 2. 2011, pp. 65-72
- PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem**: processo de baixo custo. Viçosa: Editora UFV, 2007. 81 p.
- PEREIRA, J. Q.; LOPES, F. C.; PETRY, M. V.; MEDINA, L. F. C.; BRANDELLI, A. Isolation of three novel Antarctic psychrotolerant feather-degrading bacteria and partial purification of keratinolytic enzyme from *Lysobacter* sp. A03. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 88, p. 1–7, 2014.
- PHAE, G. C.; SHODA, M. Expression of the suppressive effect of *Bacillus subtilis* on phytopathogens in inoculated composts. **Journal of Fermentation and Bioengineering**, v. 70, n. 6, p. 409-414, 1990.
- PRIMO, D. C.; FADIGAS, F. S.; CARVALHO, J. C. R.; SCHMIDT, C. D. S.; BORGES FILHO, A. C. S. Manejo racional de resíduos da cultura do fumo (*Nicotiana tabacum*) para obtenção de composto orgânico. **Semina. Ciências Agrárias**, v. 32, p. 1275-1286, 2011.
- QIU, Z.; TAN, H.; ZHOU, S.; CAO, L. Surface display of a bifunctional

glutathione synthetase on *saccharomyces cerevisiae* for converting chicken feather hydrolysate into glutathione. **Molecular Biotechnology**, v. 56, n. 8, p. 726-730, 2014.

RANZATO, L.; BARAUSSE, A.; MANTOVANI, A.; PITTARELLO, M. B.; PALMERI, L. A comparison of methods for the assessment of odor impacts on air quality: Field inspection (VDI 3940) and the air dispersion model CALPUFF. **Atmospheric Environment**, Dorchester, v. 61, p. 570-579, 2012.

REIS, M.F.P.; ESCOSTEGUY, P.V., SELBACH, P. **Teoria e Prática da Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**. Passo Fundo: Editora UPF, 2004. 6 p.

ROCHA, C. P.; ELOI JUNIOR, J. G.; FISCHER, J. Análise da eficiência sanitária no tratamento de carcaças avícolas através da compostagem no município de São Sebastião do Oeste- MG. **Revista Conexão Ciência**, v. 7, p. 14-27, 2012.

RODRIGUES, J. A. R. Do engenho à biorrefinaria. A usina de açúcar como empreendimento industrial para a geração de produtos bioquímicos e biocombustíveis. **Química Nova**. v. 34, n. 7, 2011.

ROTOLO, L.; GAI, F.; PEIRETTI, P. G.; ORTOFFI, M.; ZOCCARATO, I.; GASCO, L. Live yeast (*Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*) supplementation in fattening rabbit diet: Effect on productive performance and meat quality. **Livestock Science**, v. 162, p. 178–184, 2014.

SALINAS, E.; ORELLANO, M. E. DE; REZZA, I.; MARTINEZ, L.; MARCHESVY, E.; TOSETTI, M. S. de. Removal of cadmium and lead from dilute aqueous solutions by *Rhodotorula rubra*. **Bioresource Technology**, v. 72, n. 2, p. 107-112, 2000.

SÃO JOSÉ, A. R.; PRADO, N. B. do; BOMFIM, M. P.; REBOUCAS, T. N. H.; MENDES, H. T. A. E. Marcha de absorção de nutrientes em anonáceas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 176-183, 2014.

SANTA CATARINA – Governo de Santa Catarina: **Conheça Santa Catarina**. 2014. Disponível em: <http://www.sc.gov.br/index.php>. Acesso em: 08 jan. 2014.

SCHIRMER, W. N.; LACEY, M. E.; LISBOA, H., DE M.; MIRANDA, G. R. Características, natureza e métodos de amostragem/ análise de gases odorantes emitidos em processos industriais: caso das lagoas de tratamento de efluentes. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 1, n. 2, 2007.

SCHNITZER, M. Organic matter characterization. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D.R. **Methods of soil analysis**: Chemical

- and microbiological properties. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy/SSSA, 1982. Part 2, p.5 81-594.
- SCHULTE, D. D. 1997. Critical parameters for emissions. In: VOERMANS, J. A. M.; MONTENY, G. J. **Ammonia and Odour Emissions from Animal Production Facilities.**, Rosmalen, 1997, p. 23-34.
- SHANKARRAO, K. O.; ANGADRAO, K. T.; VASUDHA, D. K. Partial identification of antimicrobial compound produced by thermotolerant *Bacillus subtilis* KFSB5 isolated from compost soil. **Research Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 2, p. 23-28, 2014.
- SHARMA, N.; DOENER, K. C.; ALOK, P. C.; CHOUDHARY, M. Skatole remediation potential of *Rhodopseudomonas palustris* WKU-KDNS3 isolated from an animal waste lagoon. **Letters in Applied Microbiology**, v. 00, n. 00, p. 00 (no aguardo para impressão), dez. 2014.
- SHUNLI, W.; KEFENG, L.; RONGQI, L.; JIANZHONG, W.; ZHULIDA, J.; JIANSHAN, Y. Enhanced Technology of Cattle Manure Compost by Microbial Inoculum with High Lignocellulose Degradation Ability. **Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery**, n. 04, 2014.
- SILVA FILHO, G. N.; OLIVEIRA, V. L. de. **Microbiologia: manual de aulas práticas**. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007. 157 p.
- SILVA, A. G; FEHR, M. **Gestão de resíduos sólidos na Escola Corina de Oliveira e criação dum precedente em Uberaba**. 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia. 2009. Disponível em: <http://penelope.dr.ufu.br/bitstream/123456789/1102/1/Gest%C3%A3oRes%C3%ADuosS%C3%B3lidos.pdf>. Acesso em: 09/09/2013.
- SILVA, F. C. da; BERTON, R. S.; CHITOLINA, J. C.; BALESTEIRO, S. D. **Recomendações técnicas para o uso agrícola do composto de lixo no Estado de São Paulo**. Campinas: Embrapa, Circular Técnica, 2002. 17 p.
- SILVA, L. A. D.; MACEDO, A. J.; TERMIGNONI, C. Production of keratinase by *Bacillus subtilis* S14. **Annals of Microbiology**, v. 64, n. 4, p. 1725-1733, 2014.
- SINGH, S.; GUPTA, P.; SHARMA, V.; KOUL, S.; KOUR, K.; BAJAJ, B. K. Multifarious potential applications of keratinase of *Bacillus subtilis* K-5. **Biocatalysis and Biotransformation**, v. 32, n. 5-6, p. 333-342, 2014.
- SMITH, J. L.; PAUL, E. A. The significance of soil microbial biomass estimations. **Soil Biochemistry**, v. 6, p. 357-393, 1990.

- SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; ARAÚJO, G. T.; SOUTO, L. S. Decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 125-130, 2005.
- SOUZA, M. T. DE; SILVA, M. D. DA; CARVALHO, R. de. Integrative review: what is it? How to do it? / Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**, v. 8, n. 1, p. 102-106, 2010.
- STUETZ, R.; FRENCHEN, F.B. **Odours in Wastewater Treatment**. London: IWA Publishing, 2001. 435 p.
- TIAN, G.; CAI, Z.; CAO, J.; LI, X. Factors affecting ammonia volatilization from a rice-wheat rotation system. **Chemosphere**, v. 42, p. 123-129, 2001.
- TUOMELA, M.; VIKMAN, M.; HATAKKA, A.; ITÄVAARA, M. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. **Bioresource Technology**, v. 72, n. 2, p. 169-183, 2000.
- TURK, A.; SWITALA, E. D.; THOMAS, S. H. Suprathreshold Odor Measurements by Dynamic Olfactometry: Principles and Practice. **Journal of the Air Pollution Control Association**, v. 30, n. 12, p. 1289-1294, 1980.
- VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; JAHNKE, D. S.; BRUM JR, B. de S.; CABRERA, B. R.; MORAES, P. O.; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, p. 59-85, 2009.
- VDI - Verein Deutscher Ingenieure. **VDI 3882: Part 1 - Olfactometry; determination of odour intensity**. Berlin: Beuth Verlag, 1992. 19 p.
- VERLINDEN, R. A. J.; HILL, D. J.; KENWARD, M. A.; WILLIAMS, C. D.; Radecka, I. Bacterial synthesis of biodegradable polyhydroxyalkanoates. **Journal of Applied Microbiology**, v. 102, p. 1437-1449, 2007.
- VIDOTTI, R. M. Tecnologia para o aproveitamento integral dos resíduos do agronegócio da piscicultura. In: Workshop de Piscicultura do Noroeste Paulista, 1, 2009, São Paulo. **Resumos...** Votuporanga: WPNP, 2009. CD Rom.
- VIROLI, J. T. F.; VIEIRA, S. L. M.; DE SOUZA, L. M. C. Produção e análise de cerveja artesanal à base de milho. **Journal of Bioenergy and Food Science**, n. 01, v. 3, p. 96-98, 2014.
- WAEWTHONGRAS, W.; PISUCHPEN, S.; LEELASUPHAKUL, W. Effect of *Bacillus subtilis* and chitosan applications on green mold (*Penicillium digitatum* Sacc.) decay in citrus fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 99, p. 44-49, 2015.
- WANG, J. **Slow release fertilizer comprises silicate bacteria**,

Streptococcus faecalis, Trichoderma, Rhodopseudomonas palustris, yeast, egg, vinegar residue powder, waste solution precipitate, rice bran, brown sugar, salt, pig manure and grass. China, CN103478503-A. 01 jan. 2014. SIPO (escritório de patentes da China), 6 pag.

WANG, L. CHENG, G.; REN, Y.; DAI, Z.; ZHAO, Z.; LIU, F.; LI, S.; WEI, Y.; XIONG, J.; TANG, X.; TANG, B. Degradation of intact chicken feathers by *Thermoactinomyces* sp. CDF and characterization of its keratinolytic protease. **Applied Microbiology and Biotechnology**, p. (artigo a ser impresso), 2014.

WANG, Y. Use of *Rhodopseudomonas palustris* P1 stimulated growth by fermented pineapple extract to treat latex rubber sheet wastewater to obtain single cell protein. **Aquaculture Nutrition**, v. 17, n. 2, p. 372-378, 2011.

WARDLE, D. A.; PARKINSON, D. Interactions between microclimatic variables and the soil microbial biomass. **Biology and Fertility of Soils**, v. 9, n. 3, p. 273-280, 1990.

WONG, W. T.; TSENG, C. H.; HSU, S. H.; LUR, H. S.; MO, C. W.; HUANG, C. N.; HSU, S. C.; LEE, K. T.; LIU, C. T. Promoting Effects of a Single *Rhodopseudomonas palustris* Inoculant on Plant Growth by *Brassica rapa chinensis* under Low Fertilizer Input. **Microbes and Environments**, n. 29, v. 3 p. 303-13, 2014.

YAMAOKA, A.; KATAOKA, M.; KAWASAKI, K.; KOBAYASHI, E.; SHIGERI, Y.; WATANABE, K. *Meiothermus ruber* H328 enhances the production of membrane vesicles for feather degradation. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 78, n. 9, p. 1623-1625, 2014.

YUWONO, A.; LAMMERS, P. S. Odor Pollution in the Environment and the Detection Instrumentation. **Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development**, v. 6, p. 1-33, 2004.

ZARRA, T.; NADDEO, V.; BELGIORNO, V.; REISER, M.; KRANERT, M. Odour monitoring of small wastewater treatment plant located in sensitive environment. **Water Science and Technology**, v. 58, n. 1, p. 89-94, 2007.

ZARRA, T.; REISER, M.; NADDEO, V.; BELGIORNO, V.; KRANET, M. Odour emissions characterization from wastewater treatment plants by different measurement methods. **Chemical Engineering Transactions**, v. 40, p. 37-42, 2014.

ZENG, G.; YU, Z.; CHEN, Y.; ZHANG, J.; LI, H.; YU, M.; ZHAO, M. Response of compost maturity and microbial community composition to

pentachlorophenol (PCP)-contaminated soil during composting. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 10, p. 5905–5911, 2011.

ZHANG, J.; ZENG, G.; CHEN, Y.; YU, M.; HUANG, H.; FAN, C.; ZHU, Y.; LI, H.; LIU, Z.; CHEN, M.; JIANG, M. Impact of *Phanerochaete chrysosporium* inoculation on indigenous bacterial communities during agricultural waste composting. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 97, n. 7, p. 3159–3169, 2013.

ZHAO, S.; DUO, L.; JIA, L. **Bioremediation of rubbish compost heavy metal leakage system, useful to increase vertical migration of enrichment hindered heavy metals in plants, comprises e.g. taking *Festuca arundinaceae*, and isolating *Bacillus subtilis* and *Actinomyces***. China, patente CN102630475-A. 15 ago. 2012. SIPO (escritório de patentes da China), 15 p.

ZHOU, C.; HU, J.; ZHANG, B.; TAN, Z. Gaseous emissions, growth performance and pork quality of pigs housed in deep-litter system compared to concrete-floor system. **Animal Science Journal**, v. 00, n. 00, (no aguardo para impressão), p. 1-6, dez. 2014.

ANEXOS

Anexo 3.1 – Análise microbiológica de inoculante concentrado e diluição para 20L.**LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE MICROBIOLOGIA****RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 78694/2014**

DQ-099 Revisão: 12 Data: 28/05/2013

Página 1 de 1

DATA DE EMISSÃO : 17/03/2014

ORDEM DE SERVIÇO Nº : 95450

CLIENTE : ORION BIOTECNOLOGIA LTDA
 ENDEREÇO : Rua José Maria da Luz, 178 – José Mendes
 Florianópolis – SC

1. DADOS DA AMOSTRAGEM

NÚMERO DE AMOSTRAS : 02
 TIPO DE AMOSTRA : Probiótico
 DATA DE ENTREGA : 24/02/2014 HORA : 11h:31min
 AGENTE DE ENTREGA : Cliente
 AMOSTRAGEM : Realização da amostragem é de inteira responsabilidade do cliente.
 OBSERVAÇÕES : O Posto que a amostragem foi realizada pelo cliente, o Laboratório não garante a integridade das amostras ensaiadas.

2. DADOS DA AMOSTRA E RESULTADOS

INÍCIO DOS ENSAIOS: 25/02/2014

TÉRMINO DOS ENSAIOS: 27/02/2014

2.1 CÓDIGO DA AMOSTRA : 78694-1
 IDENTIFICAÇÃO : Probiótico Inóculo Concentrado

PARÂMETRO	METODOLOGIA	RESULTADO	UNIDADE
Coliformes Termotolerantes	CMMEF (C8) - PT-005	<3	NMP/g
Coliformes Totais	CMMEF (C8)	<3	NMP/g

2.2 CÓDIGO DA AMOSTRA : 78694-2
 IDENTIFICAÇÃO : Probiótico Inóculo Diluído 20L

PARÂMETRO	METODOLOGIA	RESULTADO	UNIDADE
Coliformes Termotolerantes	CMMEF (C8) - PT-005	<3	NMP/g
Coliformes Totais	CMMEF (C8)	<3	NMP/g

3. INFORMAÇÕES ADICIONAIS

- CMMEF – Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, 4th ed., 2001;
- O conteúdo deste Relatório somente poderá ser reproduzido por inteiro. A reprodução de partes requer aprovação por escrito do Laboratório de Ensaios de Microbiologia;
- Os resultados dos ensaios têm seu valor restrito às amostras analisadas no Laboratório de Ensaios de Microbiologia;
- O status das revisões dos Procedimentos Técnicos (PT) e Documentos da Qualidade (DQ) mencionados neste Relatório poderá ser consultado junto ao Sistema de Gestão da Qualidade Laboratorial (SGQL);
- O padrão não quantificado pela metodologia aplicada terá seu limite de quantificação prático (LQP) expresso acompanhado do símbolo matemático "menor" (<), quando este estiver estabelecido;
- Todos os resultados brutos e observações referentes aos ensaios realizados foram registrados e permanecerão arquivados no SGQL durante o período de cinco anos.

Laércio Ender – Dr.
 Engenheiro Químico: CRQ 13º 133008/19
 Chefe do Departamento de Engenharia Química – DEQ

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

Rua São Paulo, Campus II Bloco V/Sala: 1-006, Itoupava Seca - CEP 89030-000 - Blumenau SC - Fone: (47) 3221-6082
 C.N.P.J.: 82.662.958/0001-02 - Inscrição Estadual: 250.974.665 – www.furb.br – Institutoatendimento@furb.br

Anexo 3.2 – Análise química de inoculante concentrado e diluição para 20L.**LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE QUÍMICA**

1 de 2

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 78693/2014

DQ-093 Revisão: 18 Data: 10/05/2013

DATA DE EMISSÃO : 14/03/2014

ORDEM DE SERVIÇO Nº : 95449

CLIENTE : ORION BIOTECNOLOGIA LTDA.

ENDEREÇO : Rua José Maria da Luz, 178 - José Mendes
Florianópolis - SC**1. DADOS DA AMOSTRAGEM**

NÚMERO DE AMOSTRAS : 02

DATA DE ENTREGA : 24/02/2014

HORA : 11h:31min

AGENTE DE ENTREGA : Cliente.

AMOSTRAGEM : A realização da amostragem é de inteira responsabilidade do cliente.

OBSERVAÇÕES : Ø Posto que, a amostragem foi realizada pelo cliente, o Laboratório não garante a integridade das amostras ensaiadas.

2. DADOS DA AMOSTRA E RESULTADOS

INÍCIO DOS ENSAIOS: 28/02/2014

TERMINO DOS ENSAIOS: 12/03/2014

2.1 CÓDIGO DA AMOSTRA : 78693-1

TIPO DE COLETA : Não informado

TIPO DE AMOSTRA : Probiótico

PLANO DE AMOSTRAGEM : Não informado

IDENTIFICAÇÃO : Probiótico inóculo
concentrado

QUANTIDADE DE AMOSTRA : 0,12 L

LOCAL DE COLETA : Não informado

TEMPERATURA DA AMOSTRA : Não informado

PONTO DE COLETA : Não informado

HORA DE COLETA : Não informado

DATA DE COLETA : Não informado

PARÂMETRO	METODOLOGIA	RESULTADO	UNIDADE
Carboidratos	Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz – 4ª ed. 2005	6,02	% p/p
Gorduras totais	Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz – 4ª ed. 2005	3,45	% p/p
Proteínas	Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz – 5ª ed. 2005	3,45	% p/p

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICARua São Paulo, 3250, Campus II, Bloco/Sala: I-006, Itoupava Seca - CEP 89030-000 - Blumenau SC - Fone: (47) 3221-6082
C.N.P.J.: 82.662.958/0001-02 - Inscrição Estadual: 250.974.665 – www.furb.br – institutoatendimento@furb.br

Anexo 3.3 – Resultado de análise química dos compostos resíduos de abate bovino, suíno e ave, com e sem inoculante, para o período frio.



Governo do Estado de Santa Catarina
Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca
Epagri Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

Laboratório de Análise de Solos
Integrante da Rede Oficial de Laboratórios de Análises de Solos
e de Tecido Vegetal dos Estados do RS e SC - Rolas

Relatório de Análise de Resíduo Orgânico e Fertilizante

Produtor...: MARINA JULIANA BATISTA
Localidade...: CCA/UFSC
Município...: FLORIANÓPOLIS - SC
Remetente...: MARINA JULIANA BATISTA
Município...: FLORIANÓPOLIS - SC

Data Entrada: 28/08/2014
Data Análise: 05/09/2014
Data Emissão: 19/09/2014
Análise.....: Particular

Nº Lab.	Ref.	pH**	Umidade 65°C %	P205** %	P205*** %	K2O** %	Ca* %	Mg* %	CTC mmol/kg	Relação CTC/C
6808	AVE S/ INOC.	5,2	55,19	1,37	—	0,54	0,29	0,24	345,00	—
6809	AVE C/ INOC.	5,1	59,73	1,47	—	0,42	0,28	0,27	350,00	—
6810	BOVINO S/ INOC.	6,3	57,99	1,06	—	0,30	0,30	0,15	500,00	—
6811	BOVINO C/ INOC.	6,3	62,02	1,05	—	0,36	0,28	0,15	450,00	—
6812	SUÍNO S/ INOC.	5,8	47,78	1,51	—	0,36	0,33	0,21	430,00	—
6813	SUÍNO C/ INOC.	6,3	60,32	1,40	—	0,30	0,30	0,23	490,00	—

Nº Lab.	Ref.	CO* %	N* %	N min. %	N amo. %	Relação C/N	Cu* %	Zn* %	Fe* %	Mn* %	CE mS/cm
6808	AVE S/ INOC.	10,89	1,07	—	—	10	—	—	—	—	—
6809	AVE C/ INOC.	9,76	0,88	—	—	11	—	—	—	—	—
6810	BOVINO S/ INOC.	10,77	0,75	—	—	14	—	—	—	—	—
6811	BOVINO C/ INOC.	11,47	0,65	—	—	18	—	—	—	—	—
6812	SUÍNO S/ INOC.	12,93	0,84	—	—	15	—	—	—	—	—
6813	SUÍNO C/ INOC.	13,23	0,70	—	—	19	—	—	—	—	—

EVANDRO SPAGNOLLO

Eng.-Agr. Dr. CRSA-SC 53.652-8

Responsável Técnico

Selo digital de fiscalização de laudo
8431AA59-4949-4C8D-B69F-7669CE7B4A82
Confira os dados do laudo em:
<http://selosch.epagri.sc.gov.br/>

Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar - Cepaf
Serviço Ferdinando Tusset, s/nº, São Cristóvão, C.P. 791
89.801-970 - Chapecó, SC
Fone: (49) 2049-7570 e 2049-7581
E-mail: labsolosch@epagri.sc.gov.br

Anexo 3.4 – Resultado de análise química dos compostos resíduos de abate bovino, suíno e ave, com e sem inoculante, para o período quente.



Governo do Estado de Santa Catarina
Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca
Epagri Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

Laboratório de Análise de Solos
Integrante da Rede Oficial de Laboratórios de Análises de Solos
e de Tecido Vegetal dos Estados do RS e SC - Rolas

Relatório de Análise de Resíduo Orgânico e Fertilizante

Produtor...: MARINA JULIANA BATISTA
Localidade...: CCA/UFSC
Município...: FLORIANÓPOLIS - SC
Remetente...: MARINA JULIANA BATISTA
Município...: FLORIANÓPOLIS - SC

Data Entrada: 25/11/2014
Data Análise: 19/12/2014
Data Emissão: 22/12/2014
Análise.....: Particular

Nº Lab.	Ref.	pH**	Umidade 85°C %	P205** %	P205*** %	K2O** %	Cu* %	Mg* %	CTC mmolo/kg	Densidade kg/m³
8891	AVE S/ INOC.	6,1	63,20	1,11	-	0,54	0,56	0,22	>500,00	-
8892	BOVINO S/ INOC.	7,4	56,97	1,20	-	0,72	0,67	0,36	>500,00	-
8893	SUÍNO S/ INOC.	6,7	48,56	2,34	-	0,78	0,36	0,51	>500,00	-
8894	AVE C/ INOC.	5,7	57,43	1,17	-	1,02	0,30	0,15	>500,00	-
8895	BOVINO C/ INOC.	6,7	61,36	1,33	-	0,42	0,61	0,24	>500,00	-
8896	SUÍNO C/ INOC.	6,8	58,19	1,75	-	0,72	0,52	0,30	>500,00	-

Nº Lab.	Ref.	CO* %	N* %	N min. %	N amo. %	Relação C/N	Cu* %	Zn* %	Fe* %	Mn* %	CE mS/cm
8891	AVE S/ INOC.	9,64	0,44	-	-	22	0,003	0,009	0,084	0,009	-
8892	BOVINO S/ INOC.	14,15	1,00	-	-	14	0,005	0,014	0,319	0,024	-
8893	SUÍNO S/ INOC.	15,74	1,03	-	-	15	0,003	0,010	0,115	0,020	-
8894	AVE C/ INOC.	10,65	1,08	-	-	10	0,003	0,009	0,177	0,013	-
8895	BOVINO C/ INOC.	10,87	1,08	-	-	10	0,003	0,010	0,110	0,017	-
8896	SUÍNO C/ INOC.	12,18	1,03	-	-	12	0,003	0,012	0,113	0,017	-

EVANDRO SPAGNOLLO
Eng.-Agr. Dr. CREA-SC 53.652-8
Responsável Técnico

Selo digital de fiscalização de laudo
67FA6492-4465-4507-8185-033008507018
Confira os dados do laudo em:
<http://solosch.epagri.sc.gov.br/>

Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar - Cepaf
Serviço de Ferdinando Tusset, s/nº, São Cristóvão, C.P. 791
89.801-970 - Chapecó, SC
Fone: (49) 2049-7570 e 2049-7581
E-mail: labsolosch@epagri.sc.gov.br